



## TesisEPOC\_CinthiaHernandez.pdf

Scanned on: 16:16 September 17, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found











Total Words in Text









Identical Words	3734
Words with Minor Changes	584
Paraphrased Words	1009
Omitted Words	0









## Results









Sources that matched your submitted document.









 <b>Trl Niveles de Maduración Tecnológica</b> <a href="https://pt.slideshare.net/monicabueno/trl-niveles-de-maduracin-tecnolgica">https://pt.slideshare.net/monicabueno/trl-niveles-de-maduracin-tecnolgica</a>	1%	<p style="text-align: center; background-color: #f8766d; color: white; padding: 5px;"><b>IDENTICAL</b></p> <p>Identical matches are one to one exact wording in the text.</p>
 <b>Anexo D Guía de Madurez Tecnológica.xlsx</b> <a href="https://www.coecytjal.org.mx/Plataforma/app/views/2021/PROINNJAL202...">https://www.coecytjal.org.mx/Plataforma/app/views/2021/PROINNJAL202...</a> Anexo%20D%20Gu%C3%ADa%20de%20Madurez%20Tecnol%C3%B3g...	1%	
 <b>Microsoft Word - Anexo 2_Guía NMT.docx</b> <a href="https://conacyt.mx/wp-content/uploads/convocatorias/desarrollo_tecnolo...">https://conacyt.mx/wp-content/uploads/convocatorias/desarrollo_tecnolo...</a> Anexo_2_Guia_NMT.pdf	1%	<p style="text-align: center; background-color: #f8766d; color: white; padding: 5px;"><b>MINOR CHANGES</b></p> <p>Nearly identical with different form, ie "slow" becomes "slowly".</p>
 <b>Convocatoria FIT S. Economía - CONACyT 2016</b> <a href="https://www.slideshare.net/Mexican_Technology_Platform/convocatoria-fit...">https://www.slideshare.net/Mexican_Technology_Platform/convocatoria-fit...</a>	1%	
 <b>1 Ficha Técnica Vinculación.doc</b> <a href="https://comecyt.edomex.gob.mx/sites/comecyt.edomex.gob.mx/files/files/V...">https://comecyt.edomex.gob.mx/sites/comecyt.edomex.gob.mx/files/files/V...</a> 1%20Ficha%20T%C3%A9cnica%20Vinculaci%C3%B3n.doc	1%	<p style="text-align: center; background-color: #f8766d; color: white; padding: 5px;"><b>PARAPHRASED</b></p> <p>Close meaning but different words used to convey the same message.</p>
 <b>conv903-procedimiento-aval-unal-formato-trl.xlsx</b> <a href="http://investigacion.unal.edu.co/fileadmin/recursos/siun/convocatorias/ex...">http://investigacion.unal.edu.co/fileadmin/recursos/siun/convocatorias/ex...</a> conv903-procedimiento-aval-unal-formato-trl.xlsx	0%	
 <b>cfr111e.pdf</b> <a href="https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubmedfisreah/cfr-2011/cfr111e.pdf">https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubmedfisreah/cfr-2011/cfr111e.pdf</a> cfr111e.pdf	0%	<p>Unsure about your report?</p> <p>The results have been found after comparing your submitted text to online sources, open databases and the Copyleaks internal database. For any questions about the report contact us on <a href="mailto:support@copyleaks.com">support@copyleaks.com</a></p> <p><a href="#">Learn more about different kinds of plagiarism here</a></p>
 <b>Protocolo de rehabilitacin respiratoria en el paciente con EP...</b> <a href="https://1library.co/document/9yno9p1q-protocolo-rehabilitacin-respirator...">https://1library.co/document/9yno9p1q-protocolo-rehabilitacin-respirator...</a> 9yno9p1q-protocolo-rehabilitacin-respiratoria-paciente-epoc-modera...	0%	

	<p><b>Adición de antiinflamatorios orales - Gua de Prctica Clinica ...</b>  <a href="https://1library.co/article/adici%C3%B3n-antiinflamatorios-oraless-prctica-...">https://1library.co/article/adici%C3%B3n-antiinflamatorios-oraless-prctica-...</a></p>	0%
	<p><b>Guía de Práctica Clínica Mexicana para el diagnóstico y trat...</b>  <a href="https://www.medigraphic.com/pdfs/neumo/nt-2019/nts191a.pdf">https://www.medigraphic.com/pdfs/neumo/nt-2019/nts191a.pdf</a>            nts191a.pdf</p>	0%
	<p><b>de Salud; - PDF Free Download</b>  <a href="https://docplayer.es/169164528-De-salud.html">https://docplayer.es/169164528-De-salud.html</a>            169164528-De-salud.html</p>	0%
	<p><b>Gestión de la Madurez Tecnológica Nivel 1 (TRL 1); Estrategi...</b>  <a href="http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1390-012...">http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1390-012...</a>            scielo.php</p>	0%
	<p><b>CFR-2011-title46-vol1-sec11-910.pdf</b>  <a href="https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2011-title46-vol1/pdf/CFR-2011-...">https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2011-title46-vol1/pdf/CFR-2011-...</a>            CFR-2011-title46-vol1-sec11-910.pdf</p>	0%
	<p><b>rehabilitacion pulmonar - VSIP.INFO</b>  <a href="https://vsip.info/rehabilitacion-pulmonar-pdf-free.html">https://vsip.info/rehabilitacion-pulmonar-pdf-free.html</a>            rehabilitacion-pulmonar-pdf-free.html</p>	0%
	<p><b>Ventiladores_Niveles_Madurez_Tecnol_gica_080520.pdf</b>  <a href="https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/551379/Ventiladores_N...">https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/551379/Ventiladores_N...</a>            Ventiladores_Niveles_Madurez_Tecnol_gica_080520.pdf</p>	0%
	<p><b>Guía práctica ALAT-2019 para el diagnóstico y tratamiento d...</b>  <a href="https://grupospiratoriointegratedica.wordpress.com/2020/11/26/guia-...">https://grupospiratoriointegratedica.wordpress.com/2020/11/26/guia-...</a></p>	0%

 <p><b>LIIGUME KOOS (2) 36 mai METSA 3 METSA ÜLEMAAILM 3 X JÄ...</b>  <a href="https://docplayer.ee/220634387-Liigume-koos-2-36-mai-metsa-3-metsa-%...">https://docplayer.ee/220634387-Liigume-koos-2-36-mai-metsa-3-metsa-%...</a>          220634387-Liigume-koos-2-36-mai-metsa-3-metsa-%C3%BClemaailm-...</p>	0%
 <p><b>Grr Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica - ID:5e6e916...</b>  <a href="https://xdoc.mx/documents/grr-enfermedad-pulmonar-obstructiva-cronic...">https://xdoc.mx/documents/grr-enfermedad-pulmonar-obstructiva-cronic...</a></p>	0%
 <p><b>VCSC_BESTBALL_Results_11-8-2019.pdf</b>  <a href="http://bsmgc.org/VCSC_BESTBALL_Results_11-8-2019.pdf">http://bsmgc.org/VCSC_BESTBALL_Results_11-8-2019.pdf</a>          VCSC_BESTBALL_Results_11-8-2019.pdf</p>	0%
 <p><b>GPC. Guía de Referencia Rápida. Diagnóstico y tratamiento ...</b>  <a href="https://docplayer.es/2289051-Gpc-guia-de-referencia-rapida-diagnostico-...">https://docplayer.es/2289051-Gpc-guia-de-referencia-rapida-diagnostico-...</a>          2289051-Gpc-guia-de-referencia-rapida-diagnostico-y-tratamiento-de-...</p>	0%
 <p><b>An isotopic and geochemical study of runoff in the Apex Riv...</b>  <a href="https://docplayer.net/151199392-An-isotopic-and-geochemical-study-of-r...">https://docplayer.net/151199392-An-isotopic-and-geochemical-study-of-r...</a>          151199392-An-isotopic-and-geochemical-study-of-runoff-in-the-apex-...</p>	0%
 <p><b>X X X X X 29 X X X 30 X X X X X 36 X X X X X X X X X X X...</b>  <a href="https://pastebin.com/AUrTuhS6">https://pastebin.com/AUrTuhS6</a></p>	0%
 <p><b>NORMAS ISO 25000</b>  <a href="https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000">https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000</a></p>	0%
 <p><b>Método Híbrido de Recomendación Adaptativa de Objetos d...</b>  <a href="https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0718-500620160...">https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0718-500620160...</a>          scielo.php</p>	0%









 <b>ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA   Esquem...</b> <a href="https://www.docsity.com/es/enfermedad-pulmonar-obstructiva-cronica-12...">https://www.docsity.com/es/enfermedad-pulmonar-obstructiva-cronica-12...</a>	0%
 <b>Guía práctica ALAT-2019 para el diagnóstico y tratamiento d...</b> <a href="https://grupospiratoriointegramedica.wordpress.com/2020/12/01/guia-...">https://grupospiratoriointegramedica.wordpress.com/2020/12/01/guia-...</a>	0%
 <b>Proyecto DM.pdf</b> <a href="https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25973/2/Proyecto%2...">https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25973/2/Proyecto%2...</a> Proyecto%20DM.pdf	0%
 <b>POLLS (1950-59)   AP News</b> <a href="https://apnews.com/article/5ee6954443e1bbbc4b30bbb01045e696">https://apnews.com/article/5ee6954443e1bbbc4b30bbb01045e696</a>	0%
 <b>Gua de Prctica Clinica Mexicana para el diagnstico y tratami...</b> <a href="https://1library.co/document/7q0ww0ly-prctica-mexicana-diagnostico-trata...">https://1library.co/document/7q0ww0ly-prctica-mexicana-diagnostico-trata...</a> 7q0ww0ly-prctica-mexicana-diagnostico-tratamiento-enfermedad-pul...	0%
 <b>Rehabilitacion Pulmonar</b> <a href="https://www.slideshare.net/eddynoy/rehabilitacion-pulmonar-67753977">https://www.slideshare.net/eddynoy/rehabilitacion-pulmonar-67753977</a>	0%
 <b>guia_peruana_epoc.pdf</b> <a href="https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/07/1006744/guia_peruana_epoc.p...">https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/07/1006744/guia_peruana_epoc.p...</a> guia_peruana_epoc.pdf	0%
 <b>Create Bingo Game using Python - CodeSpeedy</b> <a href="https://www.codespeedy.com/create-bingo-game-using-python/">https://www.codespeedy.com/create-bingo-game-using-python/</a>	0%









 <b>ISO 15930 - Electronic document file format for prepress digi...</b> <a href="https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/Econ...">https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/Econ...</a> NOTAS.pdf	0%
 <b>NIVELES DE MADUREZ DE LA TECNOLOGÍA TECHNOLOGY REA...</b> <a href="https://docplayer.es/16291709-Niveles-de-madurez-de-la-tecnologia-techn...">https://docplayer.es/16291709-Niveles-de-madurez-de-la-tecnologia-techn...</a> 16291709-Niveles-de-madurez-de-la-tecnologia-technology-readiness...	0%
 <b>Journal of Medical Internet Research - Artificial Intelligence ...</b> <a href="https://www.jmir.org/2020/12/e20756/">https://www.jmir.org/2020/12/e20756/</a>	0%
 <b>Rapid Bioassessment in Wadeable Streams and Rivers by Vo...</b> <a href="https://portal.ct.gov/-/media/DEEP/water/volunteer_monitoring/rbv/2019r...">https://portal.ct.gov/-/media/DEEP/water/volunteer_monitoring/rbv/2019r...</a> 2019rbvreportpdf.pdf	0%
 <b>Assessing the uptake, engagement, and safety of a self-man...</b> <a href="https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/7B8mDpgl/">https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/7B8mDpgl/</a>	0%
 <b>Assessing the uptake, engagement, and safety of a self-man...</b> <a href="https://link.springer.com/article/10.1007/s12553-021-00534-w">https://link.springer.com/article/10.1007/s12553-021-00534-w</a>	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>EDollar.pdf?sequence=3&amp;isAllowed=y</b> <a href="http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7246/EDollar.pdf?...">http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7246/EDollar.pdf?...</a> EDollar.pdf	0%









 <b>Advances in Control and Intelligent Agents - PDF Free Downl...</b> <a href="https://docplayer.es/98715638-Advances-in-control-and-intelligent-agents...">https://docplayer.es/98715638-Advances-in-control-and-intelligent-agents...</a> 98715638-Advances-in-control-and-intelligent-agents.html	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>164_CC_3-IDENTIFICACION-PACIENTES-EPOC-Alonso_V4-0.pdf</b> <a href="https://www.avancesenrespiratorio.com/arxiu/imatgesbutlleti/164_CC_3-l...">https://www.avancesenrespiratorio.com/arxiu/imatgesbutlleti/164_CC_3-l...</a> 164_CC_3-IDENTIFICACION-PACIENTES-EPOC-Alonso_V4-0.pdf	0%
 <b>Abordaje fisioterapeutico en pacientes con patología cardio...</b> <a href="http://luzdary0912.blogspot.com/2019/05/">http://luzdary0912.blogspot.com/2019/05/</a>	0%
 <b>landlab.components.profiler.channel_profiler — landlab 2.4....</b> <a href="https://landlab.readthedocs.io/en/master/_modules/landlab/components/...">https://landlab.readthedocs.io/en/master/_modules/landlab/components/...</a> channel_profiler.html	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>Epoc expo terminada</b> <a href="https://www.slideshare.net/karina1596/epoc-expo-terminada">https://www.slideshare.net/karina1596/epoc-expo-terminada</a>	0%
 <b>7.8 POR CIENTO DE MEXICANOS MAYORES DE 40 AÑOS PADE...</b> <a href="https://saludyvida.tips/7-8-por-ciento-de-mexicanos-mayores-de-40-anos-...">https://saludyvida.tips/7-8-por-ciento-de-mexicanos-mayores-de-40-anos-...</a>	0%









 <b>ai-corona: Radiologist-assistant deep learning framework fo...</b> <a href="https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0250952">https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0250952</a>	0%
 <b>Combining community-based knowledge with association r...</b> <a href="https://dl.acm.org/doi/10.1016/j.eswa.2018.01.044">https://dl.acm.org/doi/10.1016/j.eswa.2018.01.044</a> j.eswa.2018.01.044	0%
 <b>(PDF) Guía de práctica clínica de la enfermedad pulmonar o...</b> <a href="https://www.academia.edu/81266542/Gu%C3%ADa_de_pr%C3%A1ctica_cl...">https://www.academia.edu/81266542/Gu%C3%ADa_de_pr%C3%A1ctica_cl...</a>	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>Medical Apps and the Gray Zone in the COVID-19 Era: Betwe...</b> <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8068074/">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8068074/</a>	0%
 <b>Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión ...</b> <a href="http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/html/wo83178.html">http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/html/wo83178.html</a> wo83178.html	0%
 <b>Tratamiento de la EPOC - Issuu</b> <a href="https://issuu.com/farmanuario/docs/tendencias_en_medicina_n_56_urug...">https://issuu.com/farmanuario/docs/tendencias_en_medicina_n_56_urug...</a>	0%
 <b>Arbol de Clasificacion para el Analisis de suicidios</b> <a href="http://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/397454_555057745183492...">http://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/397454_555057745183492...</a> 397454_555057745183492d9c61b6ab7f0f0613.html	0%



















 <b>4965</b> <a href="https://www.riico.net/index.php/riico/article/download/1391/1061/4965">https://www.riico.net/index.php/riico/article/download/1391/1061/4965</a>	0%
 <b>Art. 6 Ley Federal de Protección de Datos Personales en Pos...</b> <a href="https://leyes-mx.com/ley_federal_de_proteccion_de_datos_personales_en_p...">https://leyes-mx.com/ley_federal_de_proteccion_de_datos_personales_en_p...</a> 6.htm	0%
 <b>paper 177.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</b> <a href="https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/1847...">https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/1847...</a> paper%20177.pdf	0%
 <b>[PDF] Data Mining Based Hybrid Intelligent System for Medi...</b> <a href="https://www.semanticscholar.org/paper/Data-Mining-Based-Hybrid-Intelli...">https://www.semanticscholar.org/paper/Data-Mining-Based-Hybrid-Intelli...</a>	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>ACTUALIZACIÓN DE LA EPOC - PDF Free Download</b> <a href="https://docplayer.es/27577384-Actualizacion-de-la-epoc.html">https://docplayer.es/27577384-Actualizacion-de-la-epoc.html</a> 27577384-Actualizacion-de-la-epoc.html	0%
 <b>An exploration study to find important factors influencing o...</b> <a href="http://growingscience.com/beta/mst/1105-an-exploration-study-to-find-im...">http://growingscience.com/beta/mst/1105-an-exploration-study-to-find-im...</a> 1105-an-exploration-study-to-find-important-factors-influencing-on-d...	0%
 <b>1940   AP News</b> <a href="https://apnews.com/article/a1ee61d6d66a90926d18b78a2ea5f7ac">https://apnews.com/article/a1ee61d6d66a90926d18b78a2ea5f7ac</a>	0%









 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>Artificial Intelligence in Gastroenterology - Baishideng Publi...</b> <a href="https://www.wjgnet.com/2644-3236/CitedArticlesInF6?id=10.1038/s41467-...">https://www.wjgnet.com/2644-3236/CitedArticlesInF6?id=10.1038/s41467-...</a>	0%
 <b>template.doc</b> <a href="https://www.mecs-press.org/ijieeb/ijieeb-v9-n4/IJIEEB-V9-N4-6.pdf">https://www.mecs-press.org/ijieeb/ijieeb-v9-n4/IJIEEB-V9-N4-6.pdf</a> IJIEEB-V9-N4-6.pdf	0%
 <b>FEATURE EXTRACTION AND K-MEANS CLUSTERING APPROAC...</b> <a href="https://ojs.stmikpringsewu.ac.id/index.php/ijiscs/article/view/1109/0">https://ojs.stmikpringsewu.ac.id/index.php/ijiscs/article/view/1109/0</a>	0%
 <b>Microsoft Word - es3062_final.doc</b> <a href="https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.143.2780&amp;rep...">https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.143.2780&amp;rep...</a>	0%
 <b>Pacientes con EPOC más vulnerables ante época invernal   ...</b> <a href="https://www.boehringer-ingelheim.mx/nota-prensa/pacientes-con-epoc-m...">https://www.boehringer-ingelheim.mx/nota-prensa/pacientes-con-epoc-m...</a>	0%
 <b>TítuloCaso clínico de intervención intrahospitalaria y ambul...</b> <a href="https://1library.co/document/qo58p67y-titulocaso-clinico-intervencion-int...">https://1library.co/document/qo58p67y-titulocaso-clinico-intervencion-int...</a> qo58p67y-titulocaso-clinico-intervencion-intrahospitalaria-ambulatori...	0%
 <b>Fisioterapia respiratoria en pacientes críticos   Journal of Sc...</b> <a href="https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1053">https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1053</a>	0%

 <b>NOM de expediente clínico y expediente clínico electrónico.</b> <a href="https://spinfunky.wixsite.com/infomedic/single-post/2015/12/07/nom-de-e...">https://spinfunky.wixsite.com/infomedic/single-post/2015/12/07/nom-de-e...</a>	0%
 <b>ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRONICA   Diaposi...</b> <a href="https://www.docsity.com/es/enfermedad-pulmonar-obstructiva-cronica-33...">https://www.docsity.com/es/enfermedad-pulmonar-obstructiva-cronica-33...</a>	0%
 <b>Anexo_1_TRL.pdf</b> <a href="http://investigacion.manizales.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones...">http://investigacion.manizales.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones...</a> Anexo_1_TRL.pdf	0%
 <b>Applied Sciences   Free Full-Text   A Neural Network-Based ...</b> <a href="https://www.mdpi.com/2076-3417/12/8/3877/htm">https://www.mdpi.com/2076-3417/12/8/3877/htm</a>	0%
 <b>RAZONAMIENTO APROXIMADO CRISTÓBAL SANTOS ISIDORO...</b> <a href="https://slideplayer.es/slide/14206985/">https://slideplayer.es/slide/14206985/</a>	0%
 <b>¿Por qué la rehabilitación respiratoria no llega a todos los p...</b> <a href="http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0120-001120...">http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0120-001120...</a> scielo.php	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>PRIME PubMed   Using Artificial Intelligence to Detect COVI...</b> <a href="https://www.unboundmedicine.com/medline/citation/32191588/Using_Art...">https://www.unboundmedicine.com/medline/citation/32191588/Using_Art...</a>	0%

 <b>XII Supadance Polish Open Championships - Olsztyn 2005</b> <a href="http://www.spaeker.de/r05/olsztyn/11_idsf_standard.html">http://www.spaeker.de/r05/olsztyn/11_idsf_standard.html</a> 11_idsf_standard.html	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>Privacidad Seguridad Internet Android</b> <a href="https://www.telnor.com/web/acerca-de-telnor/privacidad_seguridadintern...">https://www.telnor.com/web/acerca-de-telnor/privacidad_seguridadintern...</a>	0%
 <b>Exacerbación aguda de la enfermedad pulmonar obstructiv...</b> <a href="https://bestpractice.bmj.com/topics/es-es/8/management-approach">https://bestpractice.bmj.com/topics/es-es/8/management-approach</a>	0%
 <b>NO NO - Significato e sinonimi di no no nel dizionario italiano</b> <a href="https://educalingo.com/it/dic-it/no-no">https://educalingo.com/it/dic-it/no-no</a>	0%
 <b>Una guía de introducción a AWS RDS - Geekflare</b> <a href="https://geekflare.com/es/aws-rds-guide/">https://geekflare.com/es/aws-rds-guide/</a>	0%
 <b>NO NO - 이탈리아어사전에서 no no 의 정의 및 동의어</b> <a href="https://educalingo.com/ko/dic-it/no-no">https://educalingo.com/ko/dic-it/no-no</a>	0%









 <b>BASE DE CONOCIMIENTO - SISTEMA EXPERTO COMO APOYO ...</b> <a href="https://1library.co/article/factores-ambientales-universidad-nacional-may...">https://1library.co/article/factores-ambientales-universidad-nacional-may...</a>	0%
 <b>Test psicológico de la Policía nacional   Apuntes de Psicología...</b> <a href="https://www.doccity.com/es/test-psicologico-de-la-policia-nacional/817692...">https://www.doccity.com/es/test-psicologico-de-la-policia-nacional/817692...</a>	0%
 <b>problems to convert Str variable to numeral - Statalist</b> <a href="https://www.statalist.org/forums/forum/general-stata-discussion/general/...">https://www.statalist.org/forums/forum/general-stata-discussion/general/...</a>	0%
 <b>23.pdf</b> <a href="https://msc.itsm.edu.mx/repositorio/23.pdf">https://msc.itsm.edu.mx/repositorio/23.pdf</a> 23.pdf	0%
 <b>Prevalence of depression and related factors in patients fro...</b> <a href="https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=102...">https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=102...</a> resumenI.cgi	0%
 <b>9BT2019-MTI254.pdf</b> <a href="https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/8774/1/9BT2019-MTI254...">https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/8774/1/9BT2019-MTI254...</a> 9BT2019-MTI254.pdf	0%
 <b>Computación inteligente - Marco Teórico - INSTITUTO TECN...</b> <a href="https://1library.co/article/computaci%C3%B3n-inteligente-marco-te%C3%...">https://1library.co/article/computaci%C3%B3n-inteligente-marco-te%C3%...</a>	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%






 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>Método Híbrido de Recomendación Adaptativa de Objetos d...</b> <a href="https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&amp;pid=S0718-50062016...">https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&amp;pid=S0718-50062016...</a> scielo.php	0%
 <b>Desafíos relativos a la rehabilitación en las sociedades que ...</b> <a href="https://ww1.issa.int/es/analysis/rehabilitation-challenges-ageing-societies-...">https://ww1.issa.int/es/analysis/rehabilitation-challenges-ageing-societies-...</a>	0%
 <b>OPTImising the implementation of pulMonary rehAbiLitatio...</b> <a href="https://tailieutuoi.com/tai-lieu/optimising-the-implementation-of-pulmon...">https://tailieutuoi.com/tai-lieu/optimising-the-implementation-of-pulmon...</a>	0%
 <b>NOM-024-SSA3-2012 Sistema de Información de Registro Ele...</b> <a href="https://www.nyce.org.mx/nom-024-ssa3-2012-sistema-de-informacion-de-...">https://www.nyce.org.mx/nom-024-ssa3-2012-sistema-de-informacion-de-...</a>	0%
 <b>8840835.xml</b> <a href="https://downloads.hindawi.com/journals/bmri/2021/8840835.xml">https://downloads.hindawi.com/journals/bmri/2021/8840835.xml</a> 8840835.xml	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>Día Mundial de la Rehabilitación Motriz   23 de marzo   Inst...</b> <a href="https://www.gob.mx/insabi/articulos/dia-mundial-de-la-rehabilitacion-mo...">https://www.gob.mx/insabi/articulos/dia-mundial-de-la-rehabilitacion-mo...</a>	0%

 <b>Europe PMC</b> <a href="https://europepmc.org/articles/pmc7674009/bin/mmc1.docx">https://europepmc.org/articles/pmc7674009/bin/mmc1.docx</a> mmc1.docx	0%
 <b>7E9DAEA62222</b> <a href="https://academicjournals.org/journal/JMLD/article-full-text-pdf/7E9DAEA6...">https://academicjournals.org/journal/JMLD/article-full-text-pdf/7E9DAEA6...</a>	0%
 <b>[PDF] Aborto: métodos y consecuencias - Free Download PDF</b> <a href="https://nanopdf.com/download/aborto-metodos-y-consecuencias-3_pdf">https://nanopdf.com/download/aborto-metodos-y-consecuencias-3_pdf</a>	0%
 <b>[PDF] An Improved Product Recommendation Method for Co...</b> <a href="https://www.semanticscholar.org/paper/An-Improved-Product-Recommen...">https://www.semanticscholar.org/paper/An-Improved-Product-Recommen...</a>	0%
 <b>Designing an expert system model for pulmonary TB diseas...</b> <a href="https://docplayer.net/165097593-Designing-an-expert-system-model-for-p...">https://docplayer.net/165097593-Designing-an-expert-system-model-for-p...</a> 165097593-Designing-an-expert-system-model-for-pulmonary-tb-dise...	0%
 <b>A Case-Based Reasoning system for complex medical diagno...</b> <a href="https://dl.acm.org/doi/abs/10.1111/j.1468-0394.2012.00618.x">https://dl.acm.org/doi/abs/10.1111/j.1468-0394.2012.00618.x</a> j.1468-0394.2012.00618.x	0%
 <b>Microsoft Word - caratula_modelo_ing_sistemas_tesina</b> <a href="http://ateneo.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/123456789/5241/Rubina_...">http://ateneo.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/123456789/5241/Rubina_...</a> Rubina_Sotelo_Kyrie_Eleisan_2016.pdf	0%
 <b>▷ Paciente ingresado en planta de neumología con diagnóst...</b> <a href="https://revistamedica.com/exacerbacion-epoc-caso-clinico/">https://revistamedica.com/exacerbacion-epoc-caso-clinico/</a>	0%

 <b>La importancia de las grandes bases de datos en la investig...</b> <a href="https://epocsite.net/editorial/grandes-bases-datos-investigacion-enfermed...">https://epocsite.net/editorial/grandes-bases-datos-investigacion-enfermed...</a>	0%
 <b>tesis.pdf.pdf.txt</b> <a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26543/3/tesis.pdf.pdf...">http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26543/3/tesis.pdf.pdf...</a> tesis.pdf.pdf.txt	0%
 <b>Journal of Medical Internet Research - COVID-19 Pneumonia...</b> <a href="https://www.jmir.org/2020/6/e19569/">https://www.jmir.org/2020/6/e19569/</a>	0%
 <b>[IEEE 2014 International Computer Science and Engineering ...</b> <a href="https://ur.booksc.me/book/51842261/e526e8">https://ur.booksc.me/book/51842261/e526e8</a>	0%
 <b>[PDF] Effectiveness of device-based therapy for conservativ...</b> <a href="https://www.semanticscholar.org/paper/Effectiveness-of-device-based-ther...">https://www.semanticscholar.org/paper/Effectiveness-of-device-based-ther...</a>	0%
 <b>Rule Based Expert System for Medical Diagnosis-A Review</b> <a href="https://studyres.com/doc/3610425/rule-based-expert-system-for-medical-...">https://studyres.com/doc/3610425/rule-based-expert-system-for-medical-...</a>	0%
 <b>Taller de Estadística I #2</b> <a href="https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/264864_4e07bebd985c440...">https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/264864_4e07bebd985c440...</a> 264864_4e07bebd985c4402b90cdf2e7bd7c8e7.html	0%
 <b>Buen Gobierno del Dato gracias a los estándares</b> <a href="https://revista.une.org/46/buen-gobierno-del-dato-gracias-a-los-estandare...">https://revista.une.org/46/buen-gobierno-del-dato-gracias-a-los-estandare...</a> buen-gobierno-del-dato-gracias-a-los-estandares.html	0%



 <b>Tesis [Bardel - Borgato - Sarco].pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</b> <a href="https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/155...">https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/155...</a> Tesis%20%5BBardel%20-%20Borgato%20-%20Sarco%5D.pdf	0%
 <b>errors when using RSDA2SymbolicDA function from symboli...</b> <a href="https://community.rstudio.com/t/errors-when-using-rsda2symbolicda-fun...">https://community.rstudio.com/t/errors-when-using-rsda2symbolicda-fun...</a>	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>Caractersticas-hematologicas-y-fsicas-de-ninos-con-diagnos...</b> <a href="https://www.passeidireto.com/arquivo/111388691/caractersticas-hematol...">https://www.passeidireto.com/arquivo/111388691/caractersticas-hematol...</a>	0%
 <b>Gran Ronda de Medicina Interna y Especialidades del Hospit...</b> <a href="https://redib.org/Record/oai_articulo2463492-gran-ronda-de-medicina-int...">https://redib.org/Record/oai_articulo2463492-gran-ronda-de-medicina-int...</a>	0%
 <b>(PDF) Designing an expert system model for pulmonary TB d...</b> <a href="https://www.academia.edu/40854258/Designing_an_expert_system_model...">https://www.academia.edu/40854258/Designing_an_expert_system_model...</a>	0%
 <b>Mooc. cloud computing. 1.2. fundamentos de la tecnología c...</b> <a href="https://www.slideshare.net/clauidiamarilu/mooc-cloud-computing-12-fund...">https://www.slideshare.net/clauidiamarilu/mooc-cloud-computing-12-fund...</a>	0%
 <b>Consideraciones finales_0.pdf</b> <a href="https://chat.iztacala.unam.mx/sites/chat.iztacala.unam.mx/files/2020-06/...">https://chat.iztacala.unam.mx/sites/chat.iztacala.unam.mx/files/2020-06/...</a> Consideraciones%20finales_0.pdf	0%

 <b>Microsoft PowerPoint - Presentación-ColoquioUBB</b> <a href="http://www.ubiobio.cl/miweb/webfile/media/182/presentacion/Presentaci...">http://www.ubiobio.cl/miweb/webfile/media/182/presentacion/Presentaci...</a> Presentaci%C3%B3n-ColoquioUBB1.pdf	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%
 <b>Copyleaks Internal Database</b>	0%

## Scanned Text

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

 IDENTICAL  MINOR CHANGES  PARAPHRASED

1

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE XALAPA

Razonador Basado en Casos para recomendación de fisioterapia pulmonar a pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica

Opción de Titulación:  
Opción I Tesis Profesional

Que como requisito parcial para la obtención de grado de  
Maestro en Sistemas Computacionales

Presenta:  
Cinthia Rubi Hernández González

No. De Control:  
207o01962

Director  
M.C. María Angélica Cerdán

Co-Director  
Dr. Rodrigo Rodríguez Franco

2

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS .....	5
CAPÍTULO 1. Planteamiento .....	11
1.1 Antecedentes .....	11
1.2 Problema .....	15
1.2.1 Problemática .....	15
1.2.2 Enunciado del problema .....	19
1.3 Objetivo .....	20
1.3.1 Objetivo general .....	20
1.3.2 Objetivos específicos .....	20
1.4 Justificación .....	21
1.5 Hipótesis .....	27
1.6 Alcances y limitaciones .....	28
1.7 Implicaciones éticas y legales .....	29
1.8 Marco teórico .....	31
1.8.1 Sistemas de recomendación .....	31
1.8.2 Sistemas de recomendación basado en casos .....	37
1.9 Metodología .....	42
1.9.1 Proceso de investigación .....	42
1.9.2 Herramientas de desarrollo .....	55
CAPÍTULO 2. Estado del Arte .....	59
2.1 Razonamiento basado en casos aplicado a enfermedades crónicas .....	59
2.1.1 Dominio e integración de la base de casos .....	59
2.1.2 Métodos y técnicas aplicados en los pasos del RBC .....	63
2.1.3 Validación de propuestas .....	66

3

2.2 Razonamiento basado en casos aplicado a enfermedades respiratorias ....	68
2.2.1 Padecimientos respiratorios abordados y origen de los casos .....	68
2.2.2 Formas de implementación del RBC para enfermedades respiratorias .	70
2.3 Principales hallazgos y temas abiertos .....	71
2.3.1 Temas abiertos en el estado del arte .....	71
2.3.2 Principales problemas de implementación en los RBC .....	73
2.4 Propuesta derivada del estado del arte .....	79
CAPÍTULO 3. Diseño del sistema RBC propuesto .....	82
3.1 Estructura de la base de conocimiento .....	82
3.1.1 Características preliminares de un caso EPOC .....	82
3.1.2 Características finales ponderadas de un caso EPOC .....	84
3.2 Primer prototipo del sistema carEPOC .....	92
3.2.1 Arquitectura implementada .....	92
3.2.2 Implementación en jCOLIBRI .....	94
3.3 Verificación del primer prototipo .....	99

3.3.1	Diseño de prueba con enfoque cualitativo .....	99
3.3.2	Resultados de las pruebas con enfoque cualitativo .....	100
3.3.3	Análisis de resultados de la prueba con enfoque cualitativo .....	101
3.3.4	Premisas para adaptación de recomendaciones y buenas prácticas ..	103
3.3.5	Mejoras de la interfaz del primer prototipo web .....	104
CAPÍTULO 4. Validación del sistema RBC propuesto .....		114
4.1	Segundo prototipo del sistema carEPOC .....	114
4.1.1	Árbol de características .....	114
4.1.2	Mapa de navegación .....	116
4.1.3	Interfaces de usuario del segundo prototipo .....	117

4

4.1.4	Perfil de efectividad .....	124
4.2	Prueba experimental .....	126
4.2.1	Diseño experimental .....	127
4.2.2	Base de conocimiento para la validación .....	128
4.2.3	Resultados de los experimentos .....	134
4.3	Análisis de resultados .....	141
4.3.1	Cálculo de métricas .....	141
4.3.2	Análisis de métricas resultantes .....	148
4.3.3	Complejidad algorítmica .....	155
4.4	Discusión de resultados .....	157
4.4.1	Calidad de la recomendación .....	157
4.4.2	Solución a problemas de implementación .....	158
CONCLUSIONES .....		161
TRABAJOS FUTUROS .....		165
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		168
Apéndice A. Revisión sistemática de la literatura. ....		179
Apéndice B. Matriz de extracción de características con base a guías clínicas ..		190
Apéndice C. Primer cuestionario aplicado a panel experto. ....		196
Apéndice D. Resultados del 1er cuestionario aplicado a panel experto. ....		199
Apéndice E. Procesamiento de datos del 1er cuestionario aplicado a expertos. .		205
Apéndice F. Segundo cuestionario aplicado a panel experto. ....		210
Apéndice G. Resultados del 2do cuestionario aplicado a panel experto. ....		215
Apéndice H. Procesamiento de datos del 2do cuestionario aplicado a expertos.		220
Apéndice I. Guía de Diagnóstico de Nivel de Maduración Tecnológica. ....		224

5

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1.	Variables independientes, dependientes y de control. ....	27
Tabla 2.	Descripción de los tipos de SRs. (Ricci, et al., 2011) .....	33
Tabla 3.	Ventajas, desventajas y aplicabilidad de los tipos de SRs. (Ricci, et al., 2011) .....	34
Tabla 4.	Ventajas, desventajas y aplicabilidad de las técnicas de razonamiento. .	36
Tabla 5.	Preguntas y subpreguntas de las RSL realizadas. ....	44
Tabla 6.	Bases de datos consultadas en la 1er RSL. ....	44
Tabla 7.	Términos de búsqueda y sinónimos en la 1er RSL. ....	44
Tabla 8.	Cadenas de búsqueda en la 1er RSL. ....	45
Tabla 9.	Criterios de inclusión y exclusión en la 1er RSL. ....	45

Tabla 10. Términos de búsqueda y sinónimos en la 2da RSL. ....	46
Tabla 11. Cadenas de búsqueda en la 2da RSL. ....	46
Tabla 12. Criterios de inclusión y de exclusión en la 2da RSL. ....	47
Tabla 13. Elementos de la matriz de extracción de datos para las guías clínicas. ....	49
Tabla 14. Características de la ISO/IEC 25012 .....	52
Tabla 15. Características de las métricas de la ISO/IEC 25024 .....	53
Tabla 16. Niveles de Preparación Tecnológica (Mankins, 1995) .....	54
Tabla 17. Plataformas de desarrollo para el primer prototipo. ....	55
Tabla 18. Plataformas de desarrollo para el segundo prototipo en la nube. ....	56
Tabla 19. Matriz de confusión. ....	67
Tabla 20. Análisis FODA de hallazgos en las RSL. ....	79
Tabla 21. Objetivos estratégicos derivados de la situación del estado del arte. ....	80
Tabla 22. Características preliminares de un caso EPOC, derivadas de las guías clínicas. ....	83

## 6

Tabla 23. Escala bipolar aplicada en el primer cuestionario aplicado al panel experto. ....	84
Tabla 24. Ajustes a categorías y características definidos por el panel experto y el especialista de seguimiento. ....	85
Tabla 25. Características descriptoras ponderadas, de un caso EPOC. ....	89
Tabla 26. Casos aplicados a la prueba cualitativa (Grupo de EPOC de la Fundación Española de Medicina Interna, 2018). ....	99
Tabla 27. Resultados del cálculo de similitud en la prueba de fiabilidad bajo enfoque cualitativo. ....	100
Tabla 28. Resultados de la fisioterapia recomendada en la prueba cualitativa. ..	100
Tabla 29. Resultados de las métricas globales. ....	101
Tabla 30. Resultados de las métricas para el acondicionamiento-entrenamiento físico. ....	101
Tabla 31. Resultados de las métricas para las técnicas de higiene bronquial. ....	101
Tabla 32. Resultados de las métricas para las técnicas de reeducación respiratoria. ....	101
Tabla 33. Resultados de las métricas para las técnicas que favorecen el flujo espiratorio. ....	101
Tabla 34. Resultados de las métricas de la categoría "otros". ....	101
Tabla 35. Premisas de adaptación y buenas prácticas. ....	103
Tabla 36. Requisitos funcionales de carEPOC. ....	106
Tabla 37. Origen del conjunto de casos para la evaluación. ....	128
Tabla 38. Evaluación de la calidad de la base de conocimiento .....	129
Tabla 39. Evaluación de la calidad de la base de conocimiento. ....	130
Tabla 40. Casos destinados a la base de conocimiento. ....	133
Tabla 41. Casos aplicados en la prueba cuantitativa. ....	133
Tabla 42. EXP1-Sin retroalimentación. Resultados de similitud. ....	134

## 7

Tabla 43. EXP1-Sin retroalimentación. Resultados de la recomendación contra valores conocidos. ....	135
Tabla 44. EXP2-Con retroalimentación y ajuste. Resultados de similitud. ....	136
Tabla 45. EXP2-Con retroalimentación y ajuste. Resultados de la recomendación contra valores conocidos. ....	137

Tabla 46. EXP3-Con retroalimentación y sin ajuste. Resultados de similitud. ....	138
Tabla 47. EXP3-Con retroalimentación y sin ajuste. Resultados de la recomendación contra valores conocidos. ....	139
Tabla 48. EXP4-Sin retroalimentación con tratamiento de datos faltantes. Resultados de similitud. ....	140
Tabla 49. EXP4-Sin retroalimentación con tratamiento de datos faltantes. Resultados de la recomendación contra valores conocidos. ....	141
Tabla 50. Resultados de las métricas globales. ....	142
Tabla 51. Resultados de las métricas para el acondicionamiento-entrenamiento físico. ....	142
Tabla 52. Resultados de las métricas para las técnicas de higiene bronquial. ....	142
Tabla 53. Resultados de las métricas para las técnicas de reeducación respiratoria. ....	142
Tabla 54. Resultados de las métricas para las técnicas que favorecen el flujo espiratorio. ....	143
Tabla 55. Resultados de las métricas de la categoría "otros". ....	143
Tabla 56. Resultados de las métricas globales. ....	144
Tabla 57. Resultados de las métricas para el acondicionamiento-entrenamiento físico. ....	144
Tabla 58. Resultados de las métricas para las técnicas de higiene bronquial. ....	144
Tabla 59. Resultados de las métricas para las técnicas de reeducación respiratoria. ....	144

8

Tabla 60. Resultados de las métricas para las técnicas que favorecen el flujo espiratorio. ....	144
Tabla 61. Resultados de las métricas de la categoría "otros". ....	144
Tabla 62. Resultados de las métricas globales. ....	145
Tabla 63. Resultados de las métricas para el acondicionamiento-entrenamiento físico. ....	145
Tabla 64. Resultados de las métricas para las técnicas de higiene bronquial. ....	146
Tabla 65. Resultados de las métricas para las técnicas de reeducación respiratoria. ....	146
Tabla 66. Resultados de las métricas para las técnicas que favorecen el flujo espiratorio. ....	146
Tabla 67. Resultados de las métricas de la categoría "otros". ....	146
Tabla 68. Resultados de las métricas globales. ....	147
Tabla 69. Resultados de las métricas para el acondicionamiento-entrenamiento físico. ....	147
Tabla 70. Resultados de las métricas para las técnicas de higiene bronquial. ....	147
Tabla 71. Resultados de las métricas para las técnicas de reeducación respiratoria. ....	147
Tabla 72. Resultados de las métricas para las técnicas que favorecen el flujo espiratorio. ....	148
Tabla 73. Resultados de las métricas de la categoría "otros". ....	148
Tabla 74. Evaluación de problemas de implementación. ....	159
Tabla 75. Cumplimiento de objetivos. ....	162
Figura 1. Clasificación de los sistemas de recomendación. ....	33
Figura 2. Ciclo básico de un sistema RBC (Adaptado de Lozano y Fernández, 2004). ....	38

Figura 3. Pasos del método de investigación. ....	43
Figura 4. Modelo Entidad-Relación que implementa la estructura de los casos. ...	90
Figura 5. Modelo relacional implementado en María DB. ....	92
Figura 6. Arquitectura del sistema carEPOC. ....	94
Figura 7. Definición de la estructura del caso. ....	95
Figura 8. Definición de la solución del caso. ....	95
Figura 9. Implementación del preCycle. ....	96
Figura 10. Implementación del Cycle. ....	97
Figura 11. Implementación de la configuración de pesos (segmento ilustrativo). ..	97
Figura 12. Implementación del postCycle. ....	98
Figura 13. Método principal para obtener una recomendación. ....	98
Figura 14. Diagrama de contexto del sistema carEPOC. ....	106
Figura 15. Mapa de navegación de carEPOC. ....	107
Figura 16. Pantalla de inicio inicial. ....	108
Figura 17. Pantalla de casos históricos inicial. ....	108
Figura 18. Formulario para obtener una nueva recomendación inicial. ....	109
Figura 19. Pantalla que muestra los resultados obtenidos, inicial. ....	109
Figura 20. Pantalla de inicio de sesión (P01). ....	110
Figura 21. Pantalla de inicio final (P02). ....	110
Figura 22. Pantalla de inicio final (P03). ....	111
Figura 23. Pantalla de casos históricos final (P04). ....	111
Figura 24. Formulario para obtener una nueva recomendación final (P05). ....	112
Figura 25. Pantalla que muestra los resultados obtenidos, final (P06). ....	112
Figura 26. Árbol de características de carEPOC. ....	115
Figura 27. Mapa de navegación de carEPOC (segundo prototipo). ....	116

Figura 28. Pantalla de inicio de sesión, final (P01). ....	118
Figura 29. Pantalla de inicio, final (P02). ....	118
Figura 30. Pantalla de registro para un nuevo caso, final (P03) 1/3. ....	119
Figura 31. Pantalla de registro para un nuevo caso, final (P03) 2/3. ....	119
Figura 32. Pantalla de registro para un nuevo caso, final (P03) 3/3. ....	120
Figura 33. Pantalla de casos históricos, final (P04). ....	120
Figura 34. Pantalla descripción de un caso, final (P04.1). ....	121
Figura 35. Reporte de casos históricos (R01). ....	121
Figura 36. Formulario para obtener una nueva recomendación, final (P05). ....	122
Figura 37. Pantalla que muestra los resultados obtenidos, final (P06) 1/2. ....	122
Figura 38. Pantalla que muestra los resultados obtenidos, final (P06) 2/2. ....	123
Figura 39. Pantalla que muestra la descripción de cada ejercicio, final (P06.1). .	123
Figura 40. Reporte de recomendación obtenida (R02). ....	124
Figura 41. Gráfica de métricas globales por experimento. ....	149
Figura 42. Gráficas de métricas por grupos. (a) Técnicas, (b) Técnicas+Acondicionamiento, (c) Técnicas+Otros. ....	150
Figura 43. Gráfica de métricas del experimento uno- sin retroalimentación, por agrupamiento. ....	152
Figura 44. Gráfica de métricas del experimento dos- con retroalimentación y ajuste, por agrupamiento. ....	153
Figura 45. Gráfica de métricas del experimento tres- con retroalimentación y sin ajuste, por agrupamiento. ....	154
Figura 46. Gráfica de métricas del experimento tres- con retroalimentación y sin ajuste, por agrupamiento. ....	155
Figura 47. Diagrama de flujo del cálculo de similitud. ....	156



## CAPÍTULO 1. Planteamiento

### 1.1 Antecedentes

La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) es un conjunto de padecimientos que se encuentran dentro de las principales causas de muerte a nivel nacional y mundial, afecta directamente las vías respiratorias y la calidad de vida de las personas que la padecen.

La EPOC, incluye diversas dolencias crónicas de tipo inflamatorio, que limitan el flujo de aire que llega a los pulmones. La sintomatología incluye principalmente la disnea (falta de aire), así como el exceso de esputo y la tos crónica, disminuyendo la vida útil de los pulmones (OMS, 2020).

Para contrarrestar la EPOC, el paciente deberá someterse a tratamientos farmacológicos y no farmacológicos, determinados por su nivel de gravedad. En los no farmacológicos destaca la Rehabilitación Pulmonar, la cual abarca intervenciones para la eliminación del tabaco, asistencia nutricional, apoyo psicológico y social, y, fisioterapia pulmonar.

La realización de la fisioterapia pulmonar es sumamente importante para la recuperación del paciente, ya que ayuda a mejorar la respiración y algunos síntomas que la EPOC ocasiona, pero requiere constancia y seguimiento a largo plazo. La prescripción de este tipo de programas se basa en el diagnóstico del grado de EPOC del paciente y las condiciones del mismo, considerando una serie de ejercicios que son seriadados para constituir el programa que deberá abordar, mismo que podrá cambiar en función de la evolución del padecimiento en el individuo.

La fisioterapia pulmonar permite que los pacientes mejoren su calidad de vida, además, al realizar este tratamiento con orientación respiratoria y física, se ayuda a disminuir los costos médicos; pues reduce la posibilidad de una

intervención hospitalaria (Cox, et al., 2017). Adicional a necesitar rehabilitación, también se requieren monitorear constantemente su estado de salud y llevar un control con profesionales especializados.

El EPOC afecta a miles de mexicanos y el personal de salud suele ser insuficiente para dar el correcto seguimiento al tratamiento del paciente (Vázquez-García, Miguel-Reyes y García-Torrentera, 2013), hecho agravado como consecuencia de la actual pandemia ocasionada por el coronavirus SARS-COV-2, que ha saturado a los especialistas (particularmente quienes atienden padecimientos respiratorios), ya que no sólo prestan servicio a un mayor número de pacientes, sino que deben guardar las restricciones de aforos y medidas de seguridad y sana distancia, lo que ha favorecido el crecimiento de la atención remota y el uso de herramientas digitales que optimicen el tiempo del personal sanitario.

La atención remota se ha habilitado con el uso de los recursos digitales disponibles. Este tipo de implementaciones corresponden al ámbito de la e-Salud, que es una alternativa que combina la medicina y la tecnología para ofrecer herramientas que permitan realizar distintas actividades a distancia, facilitando el acceso a personas que requieran de los servicios de salud.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la e-Salud como el uso y ampliación de soluciones de salud digital a través de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC's) (Al-Shorbaji, 2020). En países avanzados, la e-Salud ha surgido como un sector clave en la prestación de servicios de salud y su extensión, con el desarrollo de una gama de aplicaciones para mejorar las condiciones particulares de este, que actualmente ha tomado mayor relevancia.

La evolución de las TIC's ha impulsado el desarrollo y diversificación de aplicaciones médicas orientadas a: los pacientes, que ofrecen un alto grado de personalización; al personal de salud en el soporte del ejercicio profesional, y, las

13

instituciones para la gestión del servicio de salud (Laurenza, Quintano y Schiavone, 2018).

En este sentido, como parte de las TIC's, los servicios en la nube posibilitan opciones que aplican campos de la inteligencia artificial, como el aprendizaje profundo o automático, para realizar análisis integrados de la información médica orientados al apoyo de la toma de decisiones del personal especializado de salud (Mukhopadhyay, Sreenadh y Anoop, 2020). El principal potencial de estas aplicaciones, conocidas como Sistemas de Soporte a Decisiones Clínicas (SSDC), es que son una fuente eficaz y de bajo costo, en apoyo a las intervenciones sanitarias.

Los SSDC forman parte de las aplicaciones e-Salud en el campo de la gestión del conocimiento clínico; que, a través de su capacidad de respaldar los procesos de atención y el uso del conocimiento, incluida la retención del mismo y la capacidad de aprendizaje, contribuyen a actividades importantes que van desde el diagnóstico e investigación, hasta las intervenciones específicas en el tratamiento y el cuidado a largo plazo de los pacientes (El-Fakdi, et al., 2014).

Particularmente en las tareas de diagnóstico-tratamiento, la técnica de la inteligencia artificial conocida como Razonamiento Basado en Casos (RBC), ha demostrado ser útil y adaptable. El RBC resuelve problemas con base al reúso de soluciones que históricamente han comprobado su éxito. El RBC se ha aplicado con anterioridad en los SSDC para producir soluciones rápidas, confiables y a bajo costo (Chattopadhyay, Banerjee, Rabhi y Acharya, 2013). Las aplicaciones han demostrado su eficacia y robustez, permitiendo optimizar el tiempo no sólo en la prescripción del tratamiento, sino también en el seguimiento al mismo.

Los sistemas de RBC proveen de un método de adquisición de conocimiento relativamente fácil y rápido, en comparación con otros enfoques basados en modelos. Incluso, se han aplicado para mejora de los sistemas de salud en centros

rurales, donde el conocimiento y la experiencia médica se ve enriquecido y complementado, para la mejora en la atención de la salud (Luna-Victoria, 2016).

En el contexto de la decisión clínica, este tipo de sistemas representan un valor, ya que generalmente la actividad médica se puede definir como una cadena de decisiones, que incluyen diagnóstico, pronóstico, terapia y seguimiento, donde algunos procesos como el pronóstico y la terapia involucran tareas de mayor complejidad.

Existen diversas propuestas aplicativas que convalidan el uso del RBC para sistemas de apoyo médico. Recio-García, et al. (2019) presentan el caso de un sistema que aplica con éxito esta técnica de aprendizaje automático, para configurar tratamientos de fisioterapias con relación al dolor lumbar, el cual demostró éxito en un estudio longitudinal que evalúa los resultados clínicos. Por su parte (Lorenzi, et al., 2017) propusieron un RBC para el abordaje de la obesidad en programas de entrenamiento a la medida. Ambos casos prescriben programas de terapia y entrenamiento, para situaciones médicas particulares.

Más recientemente, Oyelade y Ezugwu (2020) propusieron un modelo de RBC mejorado para procesar los casos sospechosos de Covid-19, contribuyendo a las técnicas de selección de características y elaborando un modelo matemático de base semántica para el cálculo de la similitud. Esta propuesta obtuvo un 94.54% de precisión en la clasificación de casos en un estudio realizado en Italia; lo que representa un apoyo a los médicos en el diagnóstico, sin necesidad de pruebas de laboratorio, dado que éstas, aunque proveen resultados de mayor precisión y especificidad, en momentos críticos se han dificultado, e inclusive, escaseado. Este caso demuestra que, bajo algunas circunstancias de limitación en cuanto a estudios especializados, se puede apoyar a la agilización de diagnósticos con aplicaciones del RBC.

15

En su trabajo, Soe, Htike y Min (2019) realizan una propuesta de RBC para el diagnóstico del EPOC, aplicando 20 atributos en 250 casos y enfocándose a diagnosticar diversos niveles de gravedad en las siguientes enfermedades: AVI (Infección Viral Aguda, de sus siglas en inglés Acute Viral Infection), IRA (Infección Respiratoria Aguda, en inglés Acute Respiratory Infections), asma, enfisema y bronquitis crónica. Sin incluir la relación del diagnóstico obtenido con tratamientos o terapias específicas.

Por lo tanto y dada la importancia de la fisioterapia pulmonar en la rehabilitación de pacientes con EPOC y la necesidad de apoyar al sector de profesionales para atender la creciente demanda, se observa la pertinencia de aprovechar las tecnologías de la inteligencia artificial como son los RBC, para permitir al personal de salud prescribir nuevos casos con el apoyo de un sistema que, permita almacenar y complementar su conocimiento, agilizando el proceso.

## 1.2 Problema

### 1.2.1 Problemática

El EPOC y su tratamiento por expertos

La EPOC es una enfermedad que afecta a millones de personas alrededor del mundo, actualmente existe un total aproximado de 210 millones de pacientes y 3 millones de defunciones anuales registradas (Knox, et al., 2020). En el 2017 fue una

de las enfermedades más prevalentes a nivel mundial, con un porcentaje global de 9.8% (Hug, et al., 2020).

Para 2019, la EPOC se posicionaba ya entre las diez primeras causas de muerte en México (INEGI, 2019), afectando principalmente a personas mayores de 55 años y personas adictas al consumo del tabaco, incrementando la mortalidad conforme aumenta la edad. Además, en México, el total de personas fallecidas por

16

EPOC en el año 2018 fue de 23,413, de los cuales 11,220 fueron mujeres y 12,193 fueron hombres.

Estos padecimientos generalmente requieren en su diagnóstico una serie de pruebas de función pulmonar, de imagen como rayos X o tomografía computarizada, análisis de gases en la sangre y análisis de laboratorio que pueden llevar a identificar otros trastornos, entre los que podemos mencionar al EPOC (como la alfa 1-antitripsina) (Mayo Clinic, 2021).

El tratamiento de formas leves de EPOC requiere del abandono del tabaco (si es que está presente la adicción), y, en estados más avanzados, es necesario recurrir a otros tratamientos, que resultan eficaces en el retraso de la progresión, en la disminución de complicaciones y exacerbaciones, así como en la mejora de la calidad de vida activa. Los tratamientos pueden incluir esquemas farmacológicos y no farmacológicos.

Las terapias no farmacológicas pueden incluir oxigenoterapia y/o programas de fisioterapia pulmonar. Lamentablemente, este padecimiento no tiene cura y sólo puede retrasarse su progresión, en sus fases más agudas y avanzadas, propicia que los pacientes requieran oxígeno auxiliar e incluso cirugías, como lo es la reducción del volumen pulmonar, el trasplante de pulmón o la bullectomía (extracción quirúrgica de los sacos de aire dilatados), para las formas de enfisemas más severos.

Dada la variación de las condiciones particulares de cada paciente, los programas de fisioterapia deben ser elegidos por un profesional, con un nivel de personalización. Además, este tipo de prescripciones se adaptan constantemente al paciente y a la evolución de sus síntomas.

La rehabilitación respiratoria está indicada en cualquier paciente con EPOC, en el que su aplicación, no se vea restringida por la limitación de la función pulmonar

17

o por la sintomatología que esté presente. Las indicaciones para la rehabilitación a pacientes con EPOC, parten de la disnea (dificultad para respirar) con limitación en actividad física, social y de la vida cotidiana, la ansiedad y la pérdida de independencia, así como de las contraindicaciones, que pueden incluir: el rechazo por parte del paciente, la comorbilidad interferente en la rehabilitación (como son, los padecimientos músculo esqueléticos y trastornos psiquiátricos), las enfermedades graves no controladas con riesgo en el ejercicio, hipertensión pulmonar grave, ángor inestable o infarto reciente, o, enfermedades sistémicas no

controladas o terminales, como neoplasias o enfermedades metabólicas (Peña, 2001).

Con esta base se define la fisioterapia, totalmente condicionada al caso del que se trate, fundamentándose en una serie de parámetros en los que se deben tomar en cuenta todas las prácticas clínicas, como la Guía Mexicana de EPOC publicada en 2020 (Vázquez-García, J. C. et al., 2019). En esta guía, los resultados finales de mejora en el paciente se evalúan por la mejora en la disnea y la prueba de marcha de 6 minutos, así como pruebas que pueden incluir diferentes estudios especializados, donde el proceso de prescripción y valoración del éxito, quedan supeditados totalmente a la experiencia y formación del experto humano.

La pandemia y la saturación de los servicios de terapia respiratoria y rehabilitación pulmonar

Como ya se ha mencionado, recientemente en el año 2019, se registró el brote de un nuevo coronavirus llamado SARS-CoV-2 (por sus siglas en inglés, Severe Acute Respiratory Syndrome), el cual causa el Síndrome Respiratorio Agudo Severo. Este virus ha generado la pandemia mundial por el Covid-19 (de sus siglas en inglés COronaVirus Disease y 19 por el año en que surge), detectándose el primer caso en China en diciembre de 2019 y expandiéndose rápidamente al resto del mundo. Hasta el 12 de febrero del 2022 se tiene un registro de 410 millones casos en todo el mundo y 5,810,000 decesos reportados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Our World in Data, 2022).

18

El virus llegó a México en febrero de 2020, a partir de esa fecha se han registrado 5,555,309 casos confirmados en el país (SS, 2022). La infección por Covid-19 puede provocar disfunción respiratoria, siendo las afectaciones pulmonares que causa, evidentemente más graves que en los pacientes con neumonía, aún en aquéllos que estuvieron en terapia intensiva. Esto ha generado un crecimiento en la demanda de fisioterapias pulmonares. Y dado que las personas en recuperación de Covid-19 la disnea no es la típica, se ha estimado que requieren de tres a seis meses como mínimo de rehabilitación pulmonar, o hasta 1 año, según las condiciones de cada paciente (Fernández-Rojas, 2021).

Así, aunado a la demanda de rehabilitación que se presenta por la EPOC, ahora se suma la requerida por los pacientes en recuperación de Covid-19. El principal problema para enfrentar la demanda por rehabilitación pulmonar, es el déficit en la formación de profesionales especializados (Vázquez-García, Miguel-Reyes y García Torrentera, 2013). Tan solo en el país, para atender el creciente número de pacientes en recuperación por la pandemia, habría solo 74 especialistas en rehabilitación pulmonar. En cuanto a fisioterapeutas el Colegio Mexicano en Terapia Respiratoria y Rehabilitación Pulmonar, A.C. reconoce aproximadamente 4,000 Terapeutas Respiratorios registrados (CMTRRPAC, 2021), ante más de 4.4 millones de casos recuperados, sólo de COVID-19 al 12 de febrero de 2022 (SS, 2022).

Costo del EPOC y su tratamiento

En la EPOC, además de la morbilidad, el costo de su tratamiento es un factor importante a considerar. El Instituto de Salud Pública estima que sólo el tabaquismo (uno de los principales disparadores del EPOC) cuesta \$45 mil millones de pesos anuales, lo que representa entre el 8 al 15% del gasto total en salud. Estimándose que el costo por paciente es de \$102,362 por parte del sector salud, más otro tanto igual, que son los gastos cubiertos por el paciente (Vázquez-García, et al., 2020).

Nevárez-Sida, et al., (2017), realizaron un estudio sobre los costos directos del tratamiento en pacientes con EPOC moderado a severo, en México. Donde los resultados demuestran que el costo médico anual fue de \$20,754 (para el nivel moderado) y \$41,887 (para el nivel severo), considerando gastos en medicina familiar y especializada, medicamentos, estudios de laboratorio y gabinete, incluyendo hospitalización. Es importante aclarar, que esta investigación fue llevada a cabo en pacientes que acuden a consulta en hospitales públicos. El mismo trabajo refiere otros estudios internacionales, que consideran los gastos por niveles de gravedad, para el I (leve)-1,681, II (moderado)-5,037, III (grave)-10,812 USD\$.

Podemos observar que, dado que el EPOC es progresivo y que en casos más graves imposibilitan la vida activa de las personas, esto hace que los costos sean asumidos por el núcleo familiar. Además, en el caso particular de las fisioterapias, existen gastos indirectos, como el traslado del paciente y el tiempo del cuidador que en muchas ocasiones lo acompaña.

### 1.2.2 Enunciado del problema

Podemos sintetizar el problema como el déficit que existe de personal especializado para la atención a la fisioterapia pulmonar en pacientes con EPOC, derivada de la creciente demanda de este tipo de intervenciones de salud, siendo esta enfermedad de alta prevalencia y morbilidad a nivel mundial y nacional, cuyo tratamiento se considera costoso para el sector salud y para los pacientes.

Por lo tanto, la pregunta de investigación que aborda el presente trabajo, es:

¿Cómo apoyar al personal de salud especializado para agilizar y personalizar la prescripción de fisioterapias pulmonares a los pacientes con EPOC que requieren rehabilitación pulmonar, ante la alta demanda de estas intervenciones?

## 1.3 Objetivo

### 1.3.1 Objetivo general

Diseñar y validar un Razonador Basado en Casos (RBC) que recomiende programas de fisioterapia pulmonar a pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), reutilizando el conocimiento contenido en un conjunto de casos antecedentes de pacientes tratados terapéuticamente y cuyos resultados obtenidos se han identificado y registrado, para determinar cuál es el esquema de rehabilitación más apropiado en un nuevo caso bajo diagnóstico.

### 1.3.2 Objetivos específicos

Para el cumplimiento del objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los sistemas de razonamiento basado en casos de diagnosis y prescripción de tratamiento en padecimientos crónicos, mediante la revisión del estado del arte para identificar los métodos aplicados y herramientas utilizadas, así como los hallazgos y retos encontrados.
- Diseñar el modelo de representación y almacenamiento de casos con base a los requisitos derivados de los criterios indicados en las guías para el diagnóstico y tratamiento del EPOC, nacionales e internacionales, determinando las características para el modelado de casos.
- Implementar los mecanismos de recuperación que permitan realizar la búsqueda, emparejamiento y selección de casos históricos, con relación a un nuevo caso a prescribir.
- Diseñar e implementar la interfaz para la adaptación de casos con base al experto para producir un caso ajustado.

21

- Definir el proceso de retención de casos con la retroalimentación de resultados, para guardar la nueva solución confirmada y validada en la base de casos para futuras referencias.
- Evaluar la fiabilidad del RBC bajo un escenario cualitativo que valore la recuperación individual de casos revisando la similitud, y, bajo un enfoque cuantitativo para evaluar la precisión de un conjunto acotado de recomendaciones contra las elaboradas por expertos, para identificar potenciales mejoras en el diseño del RBC.

#### 1.4 Justificación

La rehabilitación pulmonar, como se comentó anteriormente, es una parte fundamental para el tratamiento de los pacientes con EPOC, que se realiza en cualquier etapa de la enfermedad y en la que participan diversos especialistas (Sobradillo, 2001). Entre las disciplinas involucradas está la fisioterapia pulmonar y de acondicionamiento físico (Peña, 2001), donde la primera permite el control de la enfermedad, reducción de síntomas, mejora en la tolerancia al ejercicio y en general una mejora en la calidad de vida de estos pacientes crónicos (Torres-Delis, et. al, 2011).

Como se mencionó anteriormente, se ha reconocido que en México existe un déficit de profesionales, médicos y fisioterapeutas especializados en rehabilitación pulmonar, situación que se ve agravada frente a la actual pandemia de Covid-19 originada por el nuevo Coronavirus tipo 2, debido a la necesidad de atender las secuelas respiratorias posteriores a la enfermedad, que se estima requieren como mínimo de tres a seis meses, con una rehabilitación física de hasta 1 año.

Para atender el creciente número de pacientes en recuperación, a nivel nacional se estima que hay 74 especialistas en rehabilitación pulmonar, y el IMSS, cuenta sólo con 185 unidades para este tipo de atención (Pérez, 2020). En cuanto a la fisioterapia, la Asociación Mexicana de Fisioterapia, identifica que existen

22

13,403 profesionales en este ramo, esto es, 1.06 fisioterapeutas por cada 10,000 hab.

Los fisioterapeutas se especializan en la atención de una diversidad de pacientes con "...intervenciones encaminadas a optimizar el funcionamiento y reducir la discapacidad en personas con afecciones de salud en la interacción con su entorno" (OMS, 10 de noviembre de 2021), observándose una creciente demanda de este tipo de servicios derivada de los cambios en la salud en general, donde las personas viven más, pero con más enfermedades crónicas y discapacidad.

La OMS estima que el 50% de las personas de países con ingresos bajo y mediano, no reciben la rehabilitación necesaria, además, considera que estos servicios están dentro de los más afectados por la pandemia de Covid-19. Se debe tomar en cuenta que el número de pacientes en recuperación sólo por post Covid, en el último año (2021) en México, asciende a 2,553,629 personas, que potencialmente hubieron requerido este tipo de atención. Adicionalmente, según la Secretaría de Salud (2016) el 10% de la población adulta, tiene EPOC, reconociéndose incluso, que existe un sub diagnóstico de este padecimiento, número de sujetos que requieren también, dicha atención (SS, 2016).

Lo anterior, permite dimensionar en primer lugar, la saturación que ha tenido este tipo de profesionales orientados a la fisioterapia pulmonar, en los últimos dos años, quienes adicionalmente debieron implementar medidas de cuidado derivadas de las restricciones ocasionadas por la pandemia, por lo que es necesario agilizar y mejorar el proceso de atención, lo que incluye la prescripción del programa a abordar en cada paciente.

El sistema RBC propuesto, permitirá esta agilización, presentando una recomendación fundamentada en la base de conocimiento y algoritmo que implementa el sistema, permitiéndole al fisioterapeuta, ajustar si es necesario, y

23

retroalimentar para seguir consolidando el conocimiento almacenado, lo cual representa un beneficio directo al profesional, en su práctica clínica, tanto en la optimización de su tiempo, como en la preservación de su experiencia.

Las referencias de práctica para el tratamiento del paciente EPOC se basan en guías nacionales e internacionales, que incluyen diversos criterios, mismos que sirven para el diagnóstico y tratamiento, que identifican la necesidad de los programas de fisioterapia y acondicionamiento. Sin embargo, el diseño específico de dicha atención se encuentra ya en el dominio de los fisioterapeutas, que consideran todos los criterios indicados en dichas guías, más los propios de su disciplina en el manejo de su conocimiento experto, el cual se consolida a través de la experiencia.

En la práctica clínica, para el inicio del manejo de la rehabilitación de un paciente EPOC se considera una valoración inicial sobre las condiciones actuales que guarda y la prescripción de un programa de rehabilitación y fisioterapia pulmonar, que puede incluir: a) ejercicios respiratorios, b) técnicas de higiene bronquial, y, c) un programa de acondicionamiento físico. Esto aplica incluso, en esquemas de manejo ambulatorio. Tanto la valoración, como la prescripción, están en función de las condiciones de cada paciente, por ejemplo, es específica en los pacientes hospitalizados e incluso aquéllos que se encuentran en UCI (Unidad de Cuidados Intensivos) (IMSS, 2014).

El RBC propuesto, permite al especialista en fisioterapia, personalizar de manera más ajustada sus prescripciones, pues al ingresar las características de un



nuevo caso, el sistema realizará una comparación a través de una función de similitud para seleccionar aquellos casos más similares dentro de la experiencia almacenada y los resultados que ha observado en su práctica, permitiéndole adicionar ajustes que considere necesarios con base a las características particulares de cada paciente. Entre más experiencias acumule el sistema, las recomendaciones serán más precisas.

24

La adherencia al tratamiento del EPOC es una parte fundamental para la recuperación y la mejora en la calidad de vida de los pacientes, en especial el tratamiento no farmacológico relativo a la fisioterapia pulmonar, por esto es importante incentivar a los pacientes a que se sostengan en los programas con constancia y por el tiempo indicado. Sin embargo, menos del 5% de las personas elegibles realizan y terminan su rehabilitación incluida la fisioterapia pulmonar (Cox, et al., 2018).

Son muchos los factores que influyen en la falta de adherencia a los programas de rehabilitación van desde problemas de accesibilidad a estos esquemas de atención, hasta la carencia del apoyo familiar con el que cuenta el paciente. Sin embargo, una prescripción ajustada a sus condiciones particulares puede incrementar la eficiencia de los programas, mejorando la percepción que se tiene de los mismos.

La adherencia resultante, puede influir no sólo en los cambios físicos, sino mentales del paciente, reduciendo el miedo y aumentando el control sobre su vida al reducir el estado de dependencia, con la consecuente mejora en la autoestima (Rigo y Paz, 2019). Por lo que la contribución al perfeccionamiento de las prescripciones realizadas por el personal de salud, al almacenar y procesar toda la experiencia de la base de casos, sin omitir ninguna, favorece de manera indirecta la permanencia de los pacientes en los programas de rehabilitación.

En los pacientes con EPOC los ingresos hospitalarios por exacerbaciones son muy frecuentes, sobre todo en aquellos de edad avanzada. Estos ingresos tienen un impacto directo en la progresión de la enfermedad deteriorando significadamente la calidad de vida, además, generan un alto gasto hospitalario debido al mayor número de visitas al servicio de urgencias (Alcázar, et al., 2012). Una mejor personalización del programa al permitir mayor adherencia al

25

tratamiento, influirá en la disminución de las exacerbaciones, y con ello, en la posibilidad de un ingreso hospitalario y los costos que esto implica.

Finalmente, dada la necesidad de formar más profesionales en el ámbito de la fisioterapia pulmonar, se observa que la herramienta de RBC propuesta en el presente trabajo, tiene el potencial de servir como un entorno de entrenamiento para nuevos especialistas o para capacitar a profesionales en este tipo de pacientes en particular, esto se logra presentando casos a resolver como parte del ejercicio, para que el sistema retroalimente contra lo recomendado que se fundamenta en las experiencias recopiladas y aprobadas por expertos, que se han incluido en la base

de casos. Esto generaría una experiencia educativa, de tipo interactivo que propiciaría un proceso reflexivo y significativo.

Esta investigación propone una aportación a un problema relevante a nivel internacional y nacional, alineado a los Programas Nacionales Estratégicos del Conacyt (Pronaces), que orientan los esfuerzos de investigación para resolver problemas nacionales concretos. Se incluyen 10 categorías, dentro de las cuales se encuentra el Pronaces-Salud, cuyo objetivo es contribuir a la prevención, diagnóstico, manejo y control de los principales problemas de salud en el país, mediante la generación de conocimiento y acciones estratégicas, que incluyen la colaboración entre disciplinas (CONACYT, 2021).

El RBC para recomendación de fisioterapia pulmonar en pacientes con EPOC, se orienta a un padecimiento que se encuentra dentro de las 10 principales causas de muerte a nivel nacional, impactando también en los procesos de rehabilitación relacionados al Covid-19. La solución es particular al manejo y control en la evolución del EPOC, el cual es de tipo crónico, y cuyo tratamiento adecuado brinda un beneficio social en cuanto a la calidad de vida de estos pacientes y el costo en su atención, tanto para los núcleos familiares como para el sistema público de salud.

26

Además, el desarrollo de la investigación ha favorecido la colaboración con interdisciplinar, entre las ramas médicas relativas a la rehabilitación pulmonar y particularmente la fisioterapia pulmonar y las tecnologías de la información, en el dominio de la inteligencia artificial, integradas en el concepto de la e-Salud.

Desde el punto de vista disciplinar, este proyecto se circunscribe dentro de la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC), de Cómputo en la Nube. Entendiendo el cómputo en la nube como el dispensamiento de recursos que serán compartidos para cubrir una demanda a través de la red, en este caso Internet (Joyanes Aguilar, 2019).

El principal recurso del RBC propuesto, es la base de conocimiento, que debe compilar un número grande de casos resueltos por la comunidad de especialistas en fisioterapia pulmonar y tiene la finalidad de aprovisionar a esta misma con un software especializado como herramienta de trabajo, que aproveche dicho recurso compartido para agilizar y mejorar el proceso de prescripción, con un mínimo esfuerzo de gestión.

En este sentido, tanto la base de conocimiento como la aplicación se alojarán y serán distribuidos, en la nube. Las aportaciones puntuales generadas sobre las líneas de trabajo de la LGAC, son las siguientes:

- El diseño de una arquitectura de software en la nube, modular y basada en servicios, aplicada en el dominio específico de la e-Salud, con la evaluación de las plataformas para servicios en la nube.
- Sentar las bases para la integración de un **Software como servicio (SaaS de sus siglas en inglés Software as a Service)**, al implementar el prototipo con la arquitectura propuesta y proporcionar un análisis sobre los aspectos clave de la seguridad y privacidad que deberá guardar la aplicación para el manejo de los datos almacenados en la nube, dado el dominio de esta bajo estudio.

- La evaluación de la escalabilidad del RBC, por medio del análisis exploratorio sobre la complejidad algorítmica del proceso aplicado y el impacto potencial del crecimiento de la base de conocimiento en la eficiencia del mismo (considerando el consumo de recursos - tiempo).

### 1.5 Hipótesis

La hipótesis es el supuesto bajo el que subyace la propuesta, cuyo objetivo se ha planteado. En este caso, la hipótesis para el problema expuesto se enuncia de la siguiente forma:

Un sistema razonador basado en casos, permitirá una prescripción personalizada de fisioterapia pulmonar a pacientes con EPOC, con una precisión aceptable al parámetro de atención clínica de este tipo de pacientes establecido por parte de un especialista del dominio.

Tomando en cuenta este referente se identifican las variables independientes, dependientes y de control, en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables independientes, dependientes y de control.

Independientes

Dependientes

Control

Características del caso

- Datos demográficos
- Nivel de gravedad del EPOC
- Resultados de estudios de diagnóstico
- Factores de riesgo
- Tratamientos adicionales

Elementos del programa de fisioterapia pulmonar

- Ejercicio a incluir:
  - o Ejercicio
  - o Tipo de ejercicio
  - o Descripción

Proceso de atención

- Se incluye exclusivamente casos de pacientes ambulatorios, se excluye la prescripción a pacientes hospitalizados o en UCI (Unidad de Cuidados Intensivos)

Las variables independientes son todas las características del paciente que describen el caso y que son utilizadas poder obtener una prescripción (solución) a

28

las mismas características de este nuevo caso. Las variables dependientes son entonces, el resultado a la solución del problema, en este caso el listado de ejercicios a realizar en el programa de fisioterapia pulmonar. Finalmente, y debido a las variaciones que existen entre el programa de fisioterapia pulmonar para los pacientes en UCI y hospitalizados, y los pacientes ambulatorios, el RBC se restringe únicamente a los últimos mencionados.

#### 1.6 Alcances y limitaciones

Se identifican como alcances del proyecto e investigación, los siguientes:

1. Para el diseño de la estructura que debe llevar cada caso a razonar, se tomó como base las guías clínicas nacionales e internacionales, para definir los elementos del tratamiento terapéutico de rehabilitación pulmonar, sobre la fisioterapia.
2. La base de casos es representada en una base de datos relacional.
3. El perfil de usuario al que se dirige el recomendador son los profesionales en fisioterapia pulmonar.
4. El recomendador implementa el método K-vecinos, como función de similitud global y la distancia Euclidiana para la similitud de cada atributo.
5. La validación incluye una prueba cualitativa sobre la función de similitud y una prueba cuantitativa acotada para la precisión del recomendador.

El alcance del proyecto de investigación está sujeto a las siguientes limitaciones:

1. La presente investigación únicamente aborda el problema de la recomendación de fisioterapia pulmonar, por lo cual no se incluye la interconexión con sistemas que ponen en práctica la rehabilitación.
2. El RBC es una parte de un sistema global que soporta el proceso completo de atención, por lo que se acota exclusivamente al proceso de recomendación bajo los alcances indicados, integrado a un prototipo básico implementado en la nube.

29

3. El diseño del recomendador no incluye el módulo de soporte a toma de decisiones.
4. La prueba acotada hace uso de una base de 40 casos históricos.
5. El recomendador se orienta a pacientes de tipo ambulatorio, excluyendo a pacientes hospitalizados o en Unidad de Cuidados Intensivos (UCI).

#### 1.7 Implicaciones éticas y legales

Para la creación de casos en el desarrollo del sistema, se requirieron historiales médicos y de fisioterapia pulmonar de personas con EPOC. Además de que este se seguirá alimentando de información de nuevos pacientes para la creación de nuevos casos o mejora de éstos. La información relacionada con la salud es muy sensible y privada, por lo que es necesario que se asegure su protección, bajo los siguientes mecanismos (Espinoza Bautista, et al., 2017):

- Disponibilidad de la información: Toda la información de los casos se maneja de manera anónima. De tal forma que no se incluyen datos que devalen la identidad de los pacientes.
- Pólizas de acceso a la información: La información sensible de los pacientes, no se ha incluido en las estructuras de los casos almacenados, ni en los datos de entrada de los nuevos casos a prescribir.
- Protección para evitar robo de información: Los expedientes originales se encuentran a resguardo de los profesionales de la salud que atienden a los pacientes, la información incluida en el sistema no se toma de manera directa, sino que los especialistas la proporcionan ya libre de información sensible directo a tablas concentradoras, que son las que alimentan al sistema bajo desarrollo.
- Adaptarse a las normas de privacidad y seguridad informática establecidas por los estándares nacionales e internacionales: En México existe la norma NOM-024-SSA3 Sistemas de Información de Registro Electrónico para la Salud, Intercambio de Información en Salud, que aplica indistintamente en los sectores público, privado y social del sistema nacional de salud. Esta norma se encarga

30

de garantizar la interoperabilidad, procesamiento, interpretación, confidencialidad, seguridad y uso de estándares y catálogos de información de los registros electrónicos de salud. El cumplimiento de la norma permite tener un mejor cuidado y atención a los pacientes, reducir tratamientos redundantes, prevenir errores médicos, reducir costos de atención, contar con información de salud para la toma de decisiones, brindar información clínica accesible y precisa y lo más importante garantizar la confidencialidad de la identidad de los pacientes, así como la integridad y confiabilidad de la información clínica.

Alineándonos a lo expresado en la NOM-024-SSA3 (SS, 2012), en esta investigación no se han tratado datos sensibles de los pacientes, filtrándose la información por parte de los expertos de salud que han colaborado y quedando únicamente los datos descriptivos de casos para el funcionamiento del RBC, sin datos de identidad. Cabe mencionar que incluso, parte de los casos clínicos recabados fueron tomados de casos documentados públicos de eventos nacionales e internacionales. La integridad y confiabilidad, se ha incorporado como una parte metodológica de la evaluación para la base de casos resultantes, contando con la revisión de los expertos (NYCE, 2020).

Adicionalmente, desde el año 2010, México cuenta con la Ley de Protección de Datos Personales, que tiene por objetivo regular y garantizar la protección de datos personales a toda persona en el país. Esta ley mandata en el "Artículo 6.- Los responsables en el tratamiento de datos personales, deberán observar los principios de licitud, consentimiento, información, calidad, finalidad, lealtad, proporcionalidad y responsabilidad, previstos en la Ley." (Secretaría de Gobernación, 2010). Lo cual se ha previsto en el convenio/acuerdo con la L.F.T. Alejandra Hernández López especialista que ha colaborado en el proyecto, donde se expresa que toda información proporcionada por ella fue utilizada exclusivamente para los fines de la presente investigación y que los expedientes clínicos completos están a su total resguardo.

Teniendo en cuenta lo anterior, la creación de un RBC que recomiende un programa de fisioterapia pulmonar a partir de un diagnóstico previo, puede traer múltiples implicaciones éticas (Cabrera Hernández, et al., 2012). Sin embargo, el presente trabajo no pretende sustituir de ningún modo al personal especializado encargado de dicha actividad, si no, ser una herramienta de apoyo que permita optimizar los tiempos de diagnóstico del personal de salud y además con base en la retroalimentación de casos documentados, mejorar la precisión de dichos diagnósticos.

## 1.8 Marco teórico

Teniendo en cuenta la noción del RBC, se han estudiado las herramientas que han sido empleadas a lo largo del desarrollo de este trabajo, a lo largo de este capítulo, se presentará desde la definición formal de los SRs hasta la puntualización de las herramientas y su justificación.

### 1.8.1 Sistemas de recomendación

#### Definición

Los Sistemas de Recomendación o SRs se definen como "...sistemas automatizados cuyo propósito es el filtrado de información. Los SRs están pensados para apoyar a los usuarios a encontrar ítems dentro de un contexto determinado..." (González, et al., 2017).

Por otro lado, los autores Ricci, et al. (2011), definen los sistemas de recomendación, como herramientas y técnicas de software para la sugerencia de elementos que ayudan a los usuarios en la toma de decisiones.

Retomando las definiciones anteriores, podemos puntualizar a los Sistemas de Recomendación, como herramientas y/o técnicas automatizadas que permiten

32

filtrar información para la sugerencia de elementos para apoyar a los usuarios en la toma de decisiones, en un contexto o dominio determinado.

Adaptando este concepto al dominio de la fisioterapia en el caso que nos ocupa dentro del ámbito de la e-salud, entenderemos que un sistema de recomendación es una herramienta automatizada que permite filtrar configuraciones de elementos en programas de fisioterapia, de entre los posibles, de acuerdo al padecimiento de las EPOC, pensando en apoyar al personal de salud a identificar el tratamiento terapéutico adecuado a un paciente en particular.

En este sentido, los conceptos convencionales de "usuario" y "ítem" incluidos en la definición básica de los SRs, en este caso en particular se relacionan con el especialista, quien hará las veces de usuario, y con los programas fisioterapia, que corresponde a los ítems bajo selección, los cuales serán puestos a consideración del especialista.

#### Tipos de sistemas de recomendación

Los Sistemas de Recomendación (SRs), se clasifican según Ricci, et al. (2011), en seis tipos principales: Filtrado basado en contenido, filtrado colaborativo, demográficos, basados en la comunidad, basados en conocimiento, e híbridos, tal como se observa en la Figura 1.

Figura 1. Clasificación de los sistemas de recomendación.

Los tipos y subtipos planteados se definen en la Tabla 2, siendo descritas sus ventajas, desventajas y aplicabilidad, en la Tabla 3.

Tabla 2. Descripción de los tipos de SRs. (Ricci, et al., 2011)

TIPO

SUBTIPOS

DESCRIPCIÓN

Filtrado basado en contenido

Su recomendación se basa en la información obtenida de un usuario y la información obtenida de los ítems previamente vistos (metadatos). Necesita toda la información para dar una solución.

Filtrado  
colaborativo

Basado en  
memoria

Utiliza funciones de agregación sobre las calificaciones de los ítems, como: K-vecinos, correlación de Pearson, entre otros.

Basado en  
usuarios

Utiliza funciones de agregación sobre el comportamiento y calificaciones de los usuarios, almacena la información en una matriz de similitud.

Basado en ítems

Utiliza funciones de agregación sobre el comportamiento y calificaciones de los ítems, almacena la información en una matriz de similitud.

Basado en  
confianza

Utiliza cálculos basados en la confianza, implementan modelos como: Modelo de Simon, MoleTrust, TidalTrust y Modelo de O'Donovan.

Basado en  
modelos

Utiliza métodos de machine learning, como redes

neuronales, redes bayesianas o clustering.

#### Demográfico

Este tipo de sistemas recomiendan elementos en función del perfil demográfico del usuario.

#### Basado en la comunidad

Similar al demográfico, recolecta información de las relaciones sociales de los usuarios, con amigos.

34

#### Basado en conocimiento

##### Conocimiento

Basados en el conocimiento del dominio y en cómo las recomendaciones satisfacen a los usuarios. Incluso, gustos del pasado. Utilizan una función de similitud.

##### Restricciones

Necesitan de una base de reglas predefinidas, sobre cómo relacionar los requisitos del usuario con el ítem

#### Híbridos

##### Hibridación ponderada

Es una combinación lineal de diferentes filtrados, se pondera la importancia o relevancia que tendrán las estimaciones.

##### Hibridación en cascada

Los ítems se filtran de manera escalonada.

##### Hibridación por selección

Se estima cada filtrado y con base a condiciones, se selecciona el valor global.

##### Hibridación por mezcla

Trabaja sobre los rankings generados a partir de las estimaciones del nivel de interés del usuario sobre los ítems recomendables.



Hibridación de conmutación

El sistema conmuta entre las técnicas de recomendación en función de la situación actual, según algún criterio de conmutación, analizando los resultados obtenidos en evidencia pasada.

Hibridación mixta

Se presentan las recomendaciones de diferentes sistemas al mismo tiempo. Se ejecutan todas las técnicas de recomendación disponibles y se presentan todos los resultados

Aumento de características

Una característica de salida de una técnica se usa como una característica de entrada a otra, es decir, se utiliza un modelo para generar rasgos para la entrada de un segundo algoritmo.

Meta-level

El modelo aprendido por un sistema de recomendación se utiliza como entrada para el segundo algoritmo.

Tabla 3. Ventajas, desventajas y aplicabilidad de los tipos de SRs. (Ricci, et al., 2011)

TIPO-SUBTIPO

VENTAJAS

DESVENTAJAS

APLICABILIDAD

Filtrado basado en contenido

Mejor estimación.

Rápida adaptación ante cambios de información del usuario.

Independencia del usuario.

Transparencia.

Difícil de implementar.

Difícil mantenimiento.

Depende de la información obtenida por el usuario.

Análisis de contenido limitado.

Recomendación

de páginas web,  
noticias,  
publicaciones,  
filtrado de  
resultados de  
búsquedas.

Filtrado  
colaborativo -  
Basado en memoria

Aplica a dominios  
donde no hay  
mucho  
información.

Problemas con el  
arranque en frío.  
Escasez de datos.

Facebook,  
Amazon,  
recomendación  
de películas,

35

Filtrado  
colaborativo -  
Basado en usuarios

Más usada.  
Sin análisis de  
contenido.  
Independiente del  
dominio.  
La calidad mejora  
con el tiempo.  
Enfoque de abajo  
hacia arriba.  
Serendipia.

Problema de nuevo  
usuario.  
Problema de nuevo  
artículo.  
Gusto popular.  
Escalabilidad y  
escasez.  
Problema de arranque  
en frío.

reseñas, entre  
otras.

Filtrado

colaborativo -  
Basado en ítems

Sin análisis de  
contenido.  
Independiente del  
dominio.  
Enfoque de abajo  
hacia arriba.  
Serendipia.

Problemas al agregar  
nuevos ítems.  
Problemas del  
arranque en frío.  
Gusto popular.  
Escasez.

Filtrado  
colaborativo -  
Basado en  
confianza

Serendipia.

Arranque en frío.  
Escalabilidad.  
Contexto del usuario.  
Dificultad para  
implementar.

Filtrado  
colaborativo -  
Basado en modelos

Rapidez para  
estimar

Al agregar información  
todo el modelo debe  
ser actualizado.

Demográfico

Sin problema de  
arranque en frío.  
Independiente del  
dominio.  
Serendipia.

Poco usados.  
Sólo gusto popular.  
Obtención de  
información de  
metadatos.  
Ontología de  
mantenimiento.

Dar  
recomendaciones  
en función de su  
idioma o país, o

edad

Basado en la  
comunidad

Sin problema de  
arranque en frío.  
Independiente del  
dominio.

Solo gusto popular.  
Obtención de  
información de  
metadatos.

Búsquedas web,  
Facebook, entre  
otras.

Basado en  
conocimiento -  
Conocimiento

Sin análisis de  
contenido.  
Independiente del  
dominio.  
La calidad mejora  
con el tiempo.

Sobre especialización.  
Escasez.  
Problema de arranque  
en frío.

Contexto de  
productos como  
coches,  
computadoras,  
apartamentos,  
servicios, entre  
otras.

Basado en  
conocimiento -  
Restricciones

Tienden a  
funcionar mejor  
que otros al  
comienzo de su  
implementación

Si no están equipados  
con componentes de  
aprendizaje, pueden  
ser superados por otros  
métodos superficiales

Híbridos -  
Hibridación  
ponderada

Resultados más  
precisos y  
efectivos al

Su principal desventaja  
es que se pueden  
mostrar resultados que

Recomendación  
de películas,

36

Híbridos -  
Hibridación en  
cascada

combinar dos o  
más filtrados

no son tan importantes  
para el usuario.  
Al aplicarse para  
encontrar resultados,  
puede ignorar las  
demás técnicas.  
Difícil de implementar.

música o  
productos

Híbridos -  
Hibridación por  
selección

Híbridos -  
Hibridación por  
mezcla

Híbridos -  
Hibridación de  
conmutación

Híbridos -  
Hibridación mixta

Híbridos - Aumento  
de características

Híbridos - Meta-  
level

Para los SRs basados en conocimiento, las técnicas aplicables son las presentadas en la Tabla 4.

Tabla 4. Ventajas, desventajas y aplicabilidad de las técnicas de razonamiento.

Técnica

Descripción

Ventajas

Desventajas

Razonamiento

Basado en

Casos

(RBC)

Parten de una unidad fundamental llamada "Casos" los cuales son una representación del problema a resolver. En esta técnica se aplica el reúso de las soluciones previas que han demostrado su éxito (Lozano y Fernández, 2008)

Reduce la tarea de

adquisición de

conocimiento.

Evita la repetición de

errores del pasado.

Aprende con el

tiempo.

Provee un medio de

justificación.

Confiar en experiencias previas sin validarlas, puede generar soluciones y evaluaciones ineficientes o incorrectas.

Razonamiento

Basado en

Reglas

(RBR)

Resuelve problemas

teniendo una característica

de entrada y luego

"asociando" el conjunto

correcto de reglas de la

base de reglas, para llegar a

una solución (Ahmed, et al.,

2015)

Las reglas se  
entienden  
fácilmente.  
Las reglas son  
independientes.

No aprende  
inherentemente.  
Necesita  
mantenimiento.

37

RBR con  
lógica difusa

La inferencia difusa puede  
definirse como el proceso  
de obtener  
un valor de salida para un  
valor de entrada,  
empleando la teoría de  
conjuntos difusos. (Morcillo,  
2011)

Una ventaja de estos  
sistemas es que  
permite expresar el  
conocimiento en un  
formato de regla,  
similar a la expresión  
en lenguaje natural.

No aprende  
inherentemente.  
Necesita  
mantenimiento.

Para la presente investigación, se ha decidido abordar el Razonamiento Basado en Casos, por lo cual se definirán más adelante.

### 1.8.2 Sistemas de recomendación basado en casos

Generalmente, los sistemas de diagnóstico médica se abordan con Sistemas Basados en Conocimiento, los cuales incluyen la aplicación de Modelos Computacionales Inteligentes y los Sistemas de Razonamiento.

Los Modelos Computacionales Inteligentes, pueden incluir las técnicas de Redes Neuronales Artificiales, los Algoritmos Genéticos o la Lógica Difusa, entre otros. Los sistemas de Razonamiento pueden operar bajo esquemas basados en reglas, en casos o en modelos, como ya se expuso. Los sistemas de Razonamiento Basado en Casos (RBC) tienen como ventajas, la facilidad de adquisición de conocimiento, el reuso de experiencia, su gran aplicabilidad y también la relativa facilidad para el manejo de valores perdidos (Govidan, Balakrishnan y Loo, 2012), que los hacen adecuados para abordar problemas de prescripción médica (Ahmed,

Los sistemas RBC se clasifican en interpretativos (o de clasificación) y de resolución de problemas. En el primer tipo, el RBC utiliza casos anteriores como referentes para una nueva situación, donde resulta una única solución de manera determinista. Y en el segundo, también con base a casos referentes, se procesa y sugiere un conjunto de las soluciones más aplicables al nuevo problema, de donde

38

se puede adaptar para definir o configurar la solución. Ambos se han aplicado en el ámbito del diagnóstico médico (Muangprathub y Boonjing, 2014).

#### Ciclo básico del Razonamiento Basado en Casos (RBC)

Los RBC operan de forma similar al razonamiento humano que aprovecha la experiencia, implementando el proceso que se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Ciclo básico de un sistema RBC (Adaptado de Lozano y Fernández, 2004).

En los sistemas de RBC las experiencias de aprendizaje son almacenadas en la base de casos, que integra el conocimiento adquirido. Estos sistemas generalmente se constituyen de cuatro procesos (Figura 1): 1) recuperación de casos anteriores, 2) reuso de la información recuperada en el nuevo caso, 3) revisión y ajuste de la solución, y, 4) retención de la nueva experiencia del caso y sus resultados en la base de conocimiento.

A continuación, se describen los procesos del ciclo básico del RBC, según (Lozano y Fernández, 2004):

39

- En el Proceso 1. Recuperación, se identifican las características, a través de recolectar los descriptores, interpretar el dominio de problema e inferir descriptores adicionales, además se establecen las búsquedas, en las que deben considerarse los métodos de indexación (directa, un índice estructurado o búsquedas de conocimiento general). Después, se realiza un primer emparejamiento, donde se aplica una función de similitud, la cual se encarga de seleccionar los casos por afinidad basado en diversos criterios. En este punto se debe contar con métodos parametrizados validados por expertos, para que la similitud otorgue una relación real de los casos históricos con el nuevo caso (para un mejor ajuste).
- Los Procesos 2. Reuso y 3. Revisión, guardan una fuerte relación que dificulta en muchas ocasiones su distinción, nombrándose en conjunto como "adaptación". En el reuso, se copia la solución o el método por el que se llegó a ella, y se adapta modificando la recomendación. En la revisión, se evalúa la solución por medio de un experto o por el modelo, generando la reparación de fallos, ya sea de manera automática o por el propio usuario.
- El Proceso 4. Retención, pretende la integración de nuevos casos que enriquezcan la base de conocimiento (casos resueltos), revisando la repetición del problema, actualizando el conocimiento y ajustando la indexación, de igual forma se pueden extraer el método de solución, justificaciones o incluso descriptores relevantes.



## Funciones de similitud

La medida de similitud se puede definir como el grado de cercanía que existe entre los atributos de un caso, estas medidas permiten al RBC cuantificar cuan parecidos son los casos (Wong, 2012).

El RBC utiliza dos métricas para realizar la recuperación y reutilización del caso más similar, las cuales son:

- Medida de similitud local: cuantifica la semejanza entre atributos de un mismo caso.

40

- Medida de similitud global: cuantifica la semejanza de un conjunto de los atributos de un conjunto de casos, considerando la medida de similitud local.

El peso de los atributos es una parte importante al momento de calcular las similitudes, el peso es el valor que se le asigna a cada atributo para indicar su importancia relativa con respecto a los otros atributos, mientras mayor peso tenga, más importante es. Entonces un caso se puede ver definido como eq. 1 (Fleitas, et al., 2016).

!

(  
\$!, \$", \$#, ..., \$\$

)  
,\$% ≥ 0 +

Σ  
\$%=1

(1)

Donde W representa los atributos de un caso, w representa el peso de cada característica el cual puede ser mayor o igual a cero, y la suma de los pesos debe ser igual a uno.

En los sistemas de recomendación las medidas de similitud que se usan con más frecuencia (Jain, et al., 2020) son: correlación de Pearson, distancia coseno, índice Jaccard, y la distancia euclidiana, las cuales son empleadas para el cálculo de la similitud local, mismas que se describen a continuación.

### Coeficiente de correlación de Pearson

Esta es una medida de las más utilizadas (eq. 2), se encarga de mostrar la correlación lineal entre los usuarios e ítems.

./0

(  
1&, 1'

)  
=

Σ  
(\*! ", \$+ \*  
!" )(\*! &, \$+ \*

!&)  
\$'  
\$( )

.Σ  
(\*!'' , \$+ \*  
!'')\*  
\$'  
\$( ) •

.Σ  
(\*!&, \$+ \*  
!&)\*  
\$'  
\$( )

(2)

La desventaja de esta medida es que suele mostrar similitudes bajas, independientemente de que sus calificaciones sean altas y viceversa. (Jain, et al., 2020).

Coeficiente de correlación del coseno

41

Esta medida calcula la similitud entre calificaciones dadas por los usuarios, formando ángulos entre dos vectores (calificaciones) y midiendo los ángulos del coseno (eq. 3). Entre más similar sea, menor será el valor del ángulo.

./0

(  
1&, 1'

)  
=

Σ  
(\*!'' , \$)(\*!&, \$)  
\$'  
\$( )

.Σ  
(\*!'' , \$)  
+  
\$( )

.Σ  
(\*!&, \$)  
+  
\$( )

(3)

Algunas de las desventajas de esta medida es que su salida puede ser una gran similitud entre vectores, a pesar de la diferencia significativa en las calificaciones

(Jain, et al., 2020).

### Coefficiente de similitud de Jaccard

Este cálculo (eq. 4) sólo considera el número de calificaciones comunes entre dos usuarios o ítems

. / 0

(  
1 & , 1'

)

=

0  
1!"

0  
n

3  
1!&

3  
0  
1!"

0  
u

3  
1!&

3 (4)

Su principal desventaja es que es extremadamente sensible cuando se tienen pequeñas muestras de datos y con observaciones faltantes. Además, no es robusto ante valores atípicos (Jain, et al., 2020).

### Distancia Euclidiana

Esta distancia (eq. 5), como su nombre lo indica, se encarga de calcular la longitud de un segmento de línea entre dos valores (x y y), cada uno representado por sus coordenadas cartesianas. El resultado será el valor absoluto de la diferencia numérica de sus coordenadas, por lo tanto, esta medida nunca da valores negativos y a medida que disminuye el valor de la distancia, más similares serán los puntos (x y y) (Fkih, 2021).

2

(  
3, +

)

=

45  
(3% - +%)"  
\$  
%5!

(5)

Esta medida no es tan precisa en entornos dispersos (Jain, et al., 2020).

En los sistemas de recomendación basados en conocimiento, la medida de similitud más utilizada es el vecino más cercano (eq. 6), para el cálculo de la similitud global. El vecino más cercano fue una de las primeras medidas implementadas, es ideal en los razonadores basados en casos, ya que se encarga de encontrar la coincidencia más cercana de la biblioteca de casos (base de conocimiento) a un nuevo caso.

6

7\$

+

\$() \*9%:(;\$

, ;\$

-)

6

7\$

+

\$()

(6)

Este algoritmo tiene como ventaja, la simplicidad con la cual recupera los casos relevantes, y ha demostrado su eficacia en múltiples implementaciones (Sultan, 2017).

Las fórmulas de similitud que se emplean en los sistemas de recomendación varían en función de su uso, haciendo algunas medidas más pertinentes, que otras.

## 1.9 Metodología

Este apartado integra dos secciones, en primer lugar definimos el proceso de investigación realizado durante este trabajo, presentándoselos métodos y técnicas que han sido aplicados. Y posteriormente, se describen las herramientas de desarrollo utilizadas para la implementación de los prototipos del RBC propuesto.

### 1.9.1 Proceso de investigación

Este trabajo es una investigación aplicada, que tiene como objetivo principal diseñar un razonador basado en casos para la recomendación de fisioterapia pulmonar a pacientes con EPOC, y con base a sus objetivos específicos se definieron los pasos del método, mostrados en la Figura 3.

Para establecer y analizar el estado del arte, se realizaron dos Revisiones Sistemáticas de la Literatura (RSL) de acuerdo con Kitchenman y Charters (2007), quienes mencionan que una RSL tiene tres etapas, las cuales son: planificación, realización de la revisión y la creación de un informe de la revisión.

Los pasos por etapa son: establecimiento de preguntas de investigación, elaboración de la estrategia de búsqueda (términos y selección de fuentes y cadenas de búsqueda), selección de estudios primarios (criterios de inclusión y exclusión) y estrategia de extracción de información, y, elaboración de informe de resultados y conclusiones, con la finalidad de identificar la aplicación de los RBC en el ámbito de los padecimientos crónicos y también particularmente en las afecciones respiratorias.

44

Para ambas revisiones se plantearon las mismas 3 preguntas principales y 15 subpreguntas de investigación para la obtención de la información, mostradas en la Tabla 5.

Tabla 5. Preguntas y subpreguntas de las RSL realizadas.  
Pregunta principal

Subpreguntas

P1. ¿En qué contexto se aplican?

- a. ¿A qué área de la medicina es aplicado?
- b. ¿Con qué finalidad?
- c. ¿A quién va dirigido?
- d. ¿Cuál es el origen de los casos?
- e. ¿Qué información se integra en los casos?
- f. ¿Existe un preprocesamiento de la información de los casos?

P2. ¿Con qué métodos y técnicas se abordan los pasos del RBC

- a. ¿Con qué métodos y técnicas se recuperan los casos?
- b. ¿Con qué métodos y técnicas se seleccionan los casos?
- c. ¿Con qué métodos y técnicas se ajustan?
- d. ¿Cómo se decide la retención de un nuevo caso?
- e. ¿Cómo se emite el resultado del RBC?

P3. ¿Cómo se valida la propuesta?

- a. ¿Cuál es el tamaño de la muestra utilizada?
- b. ¿Con qué tecnologías fue desarrollado?
- c. ¿Qué métrica se utiliza para la medición?
- d. ¿Qué temas abiertos se identifican?

En el caso particular del análisis de la aplicación de los RBC en padecimientos crónicos, los procedimientos aplicados son los que se describen a continuación. La búsqueda se realizó en las bases de datos presentadas en la Tabla 6, aplicándose los términos de la Tabla 7 y conformándose 4 cadenas de búsqueda (Tabla 8).

Tabla 6. Bases de datos consultadas en la 1er RSL.

Base de datos

Link

Documentos recuperados

ACM

<https://dl.acm.org/>

7,299

IEEE

<https://ieeexplore.ieee.org/>

5,574

ScienceDirect

<https://www.sciencedirect.com/>

40,421

Tabla 7. Términos de búsqueda y sinónimos en la 1er RSL.

Términos

Sinónimos

45

“System”

Knowledge management system, knowledge-based system

“Case-Based Reasoning”

CBR, case based, reasoning

“e-Health”

Health, chronic disease, medical decision, health care, therapy, medical diagnosis

Tabla 8. Cadenas de búsqueda en la 1er RSL.

Fuente

Cadenas de búsqueda

IEEE Xplore

((“Case Based Reasoning”) OR (CBR) OR (“Case Based”)) AND  
((“Knowledge Management System”) OR (“Knowledge Based  
System”) OR (System)) AND ((“Medical decision”) OR (Health) OR  
 (“Chronic diseases”) OR (“Health care”) OR (“Medical diagnosis”))

Science Direct

((Case Based Reasoning) OR (CBR) OR (Case Based)) AND  
((Knowledge Management System) OR (Knowledge Based System)  
OR (System)) AND ((Medical decision) OR (Health care) OR  
(Medical diagnosis)) OR (therapy OR (Medical diagnosis) OR (Health  
care))

Science Direct (2)

((Case Based Reasoning) OR (CBR) OR (Case Based)) AND  
((Medical decision) OR (Health care) OR (Medical diagnosis) OR  
(Diagnosis) OR (Diagnostic))

ACM

(“Case Based Reasoning” OR “CBR” OR “Case based” OR  
“Reasoning”) AND (“Knowledge Management System “OR  
“Knowledge Based System” OR “System”) AND (“Medical decision”  
OR Health OR “Chronic diseases” OR therapy OR “Medical  
diagnosis” OR “Health care”)

Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para la selección final de los artículos a revisar, que permitieron reducir el número de documentos relevantes (Tabla 9).

Tabla 9. Criterios de inclusión y exclusión en la 1er RSL.

Criterios de inclusión/exclusión

- Documentos del 2015 a la fecha.
- De origen disciplinar orientados a ciencias de la computación o afines.
- Trabajos escritos en el idioma inglés.
- Clasificados como artículos, proceedings o tesis.
- Eliminándose documentos de la literatura gris (reportes, presentaciones y resúmenes sintéticos).
- Por relevancia.
- Documentos con dos de las palabras clave en el título o resumen.

Posterior a la obtención de documentos, se realizó la extracción de la información por medio de la meta agregación, descrita por Pearson, Robertson-Malt y Rittenmeyer (2011). La cual se encarga de sintetizarla mediante un proceso interactivo, extrayéndose fragmentos de información en forma de resumen, y a su vez, identificándose palabras clave de éste, fusionándose de acuerdo con una resonancia mutua. Finalmente, con el análisis de las similitudes entre conceptos, se generaron conclusiones fundamentadas.

Para la segunda RSL, relacionada a la aplicación del RBC con orientación a las afecciones respiratorias, se aplicaron los mismos métodos, cambiando algunos parámetros, mismos que se describen a continuación.

La información se recolectó del motor de búsqueda Google Académico, los términos involucrados en las búsquedas se muestran en la Tabla 10 y las cadenas formadas con dichos términos, se muestran en la Tabla 11.

Tabla 10. Términos de búsqueda y sinónimos en la 2da RSL.

Términos

Sinónimos

“Therapy”

Pulmonary therapy, exercise

“Case-Based Reasoning”

CBR, case based, reasoning

“Pulmonary”

EPOC, COPD, COVID, coronavirus, Chronic Obstructive  
Pulmonary Disease

Tabla 11. Cadenas de búsqueda en la 2da RSL.

Fuente

Cadenas de búsqueda

Google Académico

(Case based reasoning or CBR) AND (pulmonary OR EPOC OR  
COVID OR coronavirus) AND (pulmonary therapy OR therapy OR  
exercise)

(Case based reasoning or CBR) AND (pulmonary OR COPD OR  
COVID OR coronavirus) AND (therapy OR exercise)



Tabla 12. Criterios de inclusión y de exclusión en la 2da RSL.

#### Criterios de inclusión/exclusión

- Documentos de cualquier fecha.
- De origen disciplinar orientados a ciencias de la computación o afines.
  
- Trabajos escritos en cualquier idioma
- Clasificados como artículos, proceedings o tesis.
- Eliminándose documentos de la literatura gris (reportes, presentaciones y resúmenes sintéticos).
  
- Documentos acordes a afecciones respiratorias.
  
- Documentos con dos de las palabras clave en el título o resumen.
  
- Eliminándose documentos que no responden a las preguntas de investigación planteadas.

#### Metodología para el análisis del estado del arte

Una vez que se ha recolectado la información y se ha hecho el metaanálisis, el siguiente paso es realizar un análisis FODA para identificar oportunidades y estrategias derivadas de la información obtenida de la RSL. Éste se logra estudiando los aspectos internos (fortalezas y debilidades) y externos (amenazas y oportunidades) de la situación. Dichos puntos se concentraron en una matriz clasificada por los siguientes cuadrantes:

- FO – Estrategias MAX-MAX, para maximizar las oportunidades utilizando las fortalezas;
- DO – Estrategias MIN-MAX, para minimizar las debilidades aprovechando las oportunidades;
- FA – Estrategias MAX-MIN, para minimizar las amenazas utilizando las fortalezas, y;
- DA – Estrategias MIN-MIN, para minimizar las debilidades evitando las amenazas.

48

Así, una vez identificadas las oportunidades y estrategias se realizó la propuesta para el diseño del primer prototipo identificando el concepto del sistema y el método de integración del RBC.

#### Diseño del primer prototipo

Los sistemas de recomendación basados en conocimiento permiten hacer énfasis al uso del contexto del dominio y a recomendaciones pasadas, para obtener un nuevo resultado. Esto los hace apropiados en el ámbito de la salud, dada su similitud al proceso que aplican los expertos, quienes se basan en su conocimiento y experiencias pasadas, así como en la efectividad que las prescripciones han presentado en cuadros similares, para realizar nuevos esquemas. Siendo más relevante para la resolución de la decisión, la experiencia almacenada en los casos, que las características del usuario (especialista de la salud).

Dada la diversidad de escenarios o cuadros que pueden presentar los pacientes, la técnica de razonamiento basado en casos se considera aplicable contra un esfuerzo menor para el diseño del sistema de recomendación, ya que

tiene la capacidad de aprender con el tiempo conforme se acumulan experiencias, reduciendo el periodo de mantenimiento, contra un sistema basado en reglas. Además, se puede adecuar para proveer una justificación a la solución del problema, lo cual, daría una facilidad en el despliegue de la aplicación, al otorgar mayor confianza en el personal de salud, con el sistema.

Con relación a la desventaja relativa sobre que al no validar los resultados se obtienen soluciones ineficientes, ésta se ve compensada, al dejar esa parte bajo la responsabilidad del personal de salud, es decir, éste debe aprobar y/o ajustar la solución para que se adecúe perfectamente al problema (escenario del paciente en particular).

49

Respecto a las fórmulas de similitud a emplear, se ha elegido el vecino más cercano, el cual permite el uso de medidas de similitud locales, que es el método más popular en los sistemas de razonamiento basado en conocimiento.

En cuanto a las medidas de similitud locales, la distancia Euclidiana se considera adecuada, ya que como se hizo evidente en algunas de las desventajas de otras medidas, éstas no funcionan con valores atípicos, pequeños datos o llegan a otorgar cálculos inexactos, y dado que el sistema en un arranque inicial tendrá un límite en la carga de datos, esta medida puede ser utilizada con mayor confianza.

Para el diseño de un primer prototipo, se analizaron las 4 guías clínicas más importantes para el diagnóstico y tratamiento del EPOC, nacionales e internacionales, generándose una matriz de extracción y clasificación de constructos (Tabla 13), para determinar la estructura de los casos que integrarán la base de experiencia, diseñándose el modelo de representación para la biblioteca de casos. Las guías clínicas analizadas fueron:

- a. Guía de práctica clínica: Diagnóstico y tratamiento de la enfermedad Pulmonar obstructiva crónica (IMSS, 2020).
- b. Guía de práctica Clínica Mexicana para el diagnóstico y tratamiento de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica: GUÍA MEXICANA DE EPOC (Vázquez-García, J. C. et al., 2019).
- c. Guía de práctica clínica Latinoamericana de EPOC-2019 (Montes de Oca, M., et al., 2019).
- d. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease 2021 report, (GOLD, 2021).

Tabla 13. Elementos de la matriz de extracción de datos para las guías clínicas. Identificación del referente

Clave de la guía  
Nombre  
Ámbito  
Institución autora  
Fecha de edición

Caracterización del paciente

-

Factores de riesgo

-

Diagnóstico

Diagnóstico clínico

Pruebas diagnósticas

Clasificación de nivel de gravedad

Tratamiento

Tratamiento farmacológico

Tratamiento no farmacológico

Guía de rehabilitación

Rehabilitación

Prevención de exacerbaciones

Para la depuración de características y la definición de ponderaciones, se integró un grupo de 10 expertos y se aplicó un cuestionario (Apéndice C) que cuenta con las secciones: I. Información del participante, II. Factores determinantes en la prescripción de la terapia, III. Elementos que se incorporan a la terapia de rehabilitación pulmonar, con 24 reactivos en total y bajo escala bipolar en las secciones II y III.

Posterior a la definición de la estructura de los casos, la implementación del primer prototipo del RBC se llevó a cabo en jCOLIBRI3, en el entorno de desarrollo de Java con el IDE Eclipse en su versión 2021-09, y la base de datos en MariaDB, plataformas que se describen más adelante.

Para la integración de este prototipo se utilizó para el proceso de recuperación, el cálculo de la similitud aplicando el método del vecino más cercano como similitud global y la distancia Euclidiana para similitud parcial, aplicando los pesos ponderados, obtenidos por el cuestionario aplicado a los expertos.

Evaluación cualitativa y mejora del primer prototipo

Posterior al diseño del primero prototipo, se realizó una prueba en un primer acercamiento, para evaluar de manera cualitativa la función de la recuperación con el apoyo de un experto.

La evaluación cualitativa consistió en un análisis de las métricas de precisión y recall, con siete casos comprobados y validados, de los cuales cuatro casos se utilizaron para poblar la base de conocimiento y tres casos como casos nuevos a

evaluar. Esta evaluación permite identificar en conjunto con el experto, los ajustes tanto en características, como en algunos pesos que afectaban sensiblemente el cálculo de la similitud.

### Diseño del segundo prototipo

Con base a los ajustes que se han identificado en el punto anterior, se escaló el primer prototipo, integrándose a una aplicación en la nube, para la cual se definieron los requisitos del usuario (personal de salud), con el apoyo del mismo experto en una estancia que permitió la observación de la praxis clínica.

Además, se ha realizado una mejora e inclusión de requerimientos en la interfaz gráfica, así como se han definido las características del sistema de acuerdo con Wieggers & Beatty (2013), y la actualización del mapa de navegación.

Como punto adicional, se definieron políticas de retención de casos, con la finalidad de restringir la alimentación de casos a la base de conocimiento, evitando así un mal rendimiento del sistema.

### Evaluación cuantitativa del segundo prototipo

Con el objeto de evaluar la fiabilidad del RBC se realizó la evaluación cuantitativa, donde se lleva a cabo una valoración de la consistencia de la función de similitud.

Para tales efectos, se integró una base de 40 casos documentados, evaluándose las características de: exactitud, consistencia, credibilidad, actualidad, entre otras, de los datos bajo la norma ISO/IEC 25012 (ISO 25000, s. f.).

En la actualidad, existen diversas normas para evaluar productos de software, destacando la norma ISO/IEC 25000, mejor conocida como SQuaRE (System and Software Quality Requirements and Evaluation), la cual se encarga de proveer referencias, terminología, definiciones y guías para evaluar la calidad de

52

cualquier producto de software, la SQuaRE es una norma internacional y está conformada por distintas normas.

Entre las normas que conforman la SQuaRE se encuentra la ISO/IEC 25012, Data Quality model, encargada de definir un modelo para la calidad de los datos almacenados en un sistema de información. De igual forma se encuentran la ISO/IEC 25024 la cual define las métricas para la medición de la calidad de datos.

La ISO/IEC 25012 cuenta con 14 características (Tabla 14.) para definir la calidad de datos inherente y la calidad de datos dependiente del sistema. Esta norma ayuda a generar un marco común a nivel internacional para medir la calidad de un producto de datos. Define un modelo general para la calidad de los datos, aplicable a aquellos datos que se encuentran almacenados de manera estructurada y forman parte de un Sistema de Información.

Tabla 14. Características de la ISO/IEC 25012

Característica

Descripción

Cómo aplica

Exactitud

Grado en que la información representa el valor deseado en un contexto determinado.

Aplica para

verificar un  
correcto mapeo  
e  
implementación  
de la base de  
datos

#### Compleitud

La información obligatoria debe estar completa.

#### Consistencia

Hace alusión a la información libre de contradicción y coherencia en un contexto específico.

#### Credibilidad

Grado en el que la información se considera verídica en un contexto específico.

#### Actualidad

Grado en el que la información se encuentra actualizada.

#### Accesibilidad

Valor en el que la información puede ser accesible en un contexto determinado.

#### Conformidad

La información debe cumplir con estándares, convenciones, o normativas vigentes.

#### Confidencialidad

Los usuarios deben contar con autorización para acceder y poder interpretar los datos.

#### Eficiencia

Grado en el que la información puede ser procesada y proporcionada con los diferentes niveles de eficiencia esperados.

#### Precisión

Deben incluir información precisa o con entendimiento de un contexto específico.

#### Trazabilidad

La información proporcionada debe contener un registro de los acontecimientos que los modifican.

### Comprensibilidad

La información es expresada por diferentes medios: lenguajes, símbolos y unidades apropiadas y pueden ser interpretados por cualquier tipo de usuario.

### Disponibilidad

Grado en el que la información puede ser obtenida por usuarios y/o diversas aplicaciones autorizadas.

### Portabilidad

La información puede ser copiada, reemplazada o eliminada al realizar una modificación de un sistema a otro, conservando el nivel de calidad.

### Recuperabilidad

Se comprueba que la información se mantiene y preservan un nivel de operación en caso de errores.

Por otro lado, la ISO/IEC 2502n – División de Medición de Calidad, son las normas que incluyen un modelo de referencia de la medición de la calidad del producto, definiciones de medidas de calidad (interna, externa y en uso) y guías prácticas para su aplicación. Dentro de esta familia se encuentra la norma ISO/IEC 25024 - Measurement of data quality que define específicamente las métricas para realizar la medición de la calidad de datos mencionadas en la ISO/IEC 25012. Estas métricas se definen en la tabla 15.

Tabla 15. Características de las métricas de la ISO/IEC 25024

Característica/

Métrica/Descripción

Ecuación de cálculo/parámetros involucrados

Exactitud

Cumplimiento  
normativo de valor y/o  
formato  
(Data record (row))

$X=A/B$

A: número de registros que tienen valores y/o formato que se ajustan a las normas, convenciones o reglamentos

B: número o registros que deberán ajustarse a normas, convenciones o reglamentos debido a su valor

Compleitud

Consistencia

Credibilidad

Actualidad

Accesibilidad

Conformidad

Confidencialidad

Eficiencia

Precisión

Trazabilidad

Comprensibilidad

Disponibilidad

Portabilidad

Recuperabilidad

Para realizar la prueba cuantitativa y generar métricas de las recomendaciones, se separaron diez casos de los 40, mismos que fueron evaluados

54

con el RBC ajustado (segundo prototipo). Se generó la recomendación y se comparó con la prescripción de un experto independiente bajo la modalidad de doble ciego, mediante la matriz de confusión se obtuvieron las métricas a evaluar: Precisión, Recall, F1-Score y Exactitud.

Trabajos futuros

Los Niveles de Preparación Tecnológica o TRL (por sus siglas en inglés, Technology Readiness Levels) son mediciones sistemáticas para evaluar el nivel de madurez de una tecnología en particular (Mankins, 1995). Consta de 9 niveles que van desde los principios básicos observados y comunicados hasta el sistema real probado. Se describe cada nivel según Mankins (1995) en la tabla 16.

Tabla 16. Niveles de Preparación Tecnológica (Mankins, 1995)

Nivel

Descripción

TRL 1

Principios básicos observados y comunicados.

TRL 2

Concepto de tecnología y /o aplicación formulada.

### TRL 3

Función crítica analítica y experimental y/o prueba característica de concepto.

### TRL 4

Validación de componentes y/o protoboard en entorno de laboratorio.

### TRL 5

Validación de componentes y/o protoboard en un entorno relevante.

### TRL 6

Modelo de sistema/subsistema o demostración de prototipo en un entorno (terreno o espacio).

### TRL 7

Demostración del prototipo del sistema en un entorno espacial.

### TRL 8

Sistema real completado y "calificado para vuelo" a través de pruebas y demostración (terrestre o espacial).

### TRL 9

Sistema real "probado en vuelo" a través de operaciones de misión exitosas.

Con base a los niveles de preparación tecnológica se evaluó el prototipo del sistema propuesto para identificar el nivel en el que se encuentra y definir los siguientes pasos por hacer.

La evaluación de complejidad algorítmica es otro punto que se ha abordado en esta investigación, dejando las bases para una evaluación futura a fondo, y con el objetivo de identificar el impacto que tendrá en el sistema el crecimiento constante de la base de conocimiento.

55

Para la elaboración de la propuesta de mejora, con base al análisis de resultados se aplicó una Reunión de Reflexión y Diseño (RRD), con la especialista de seguimiento y el Comité de Titulación.

La RRD realiza dos actividades principales, que son: la reflexión de las situaciones ocurridas en el pasado, en el presente, en el futuro, el diseño de futuros deseables y cómo lograrlos. Las etapas para realizarse según Morales, González y Armenta (2016) son:

1. **Explorar** el entorno futuro.



2. Analizar y comprender la situación actual del sistema en el presente.

3. Desarrollar una visión del futuro deseable del sistema.

4. Identificar oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades del sistema.

5. Finalmente, formular planes de acción o proyectos.

Teniendo claro el proceso de investigación y desarrollo de este trabajo, en la siguiente sección se presentan las herramientas de desarrollo del primer y segundo prototipo.

### 1.9.2 Herramientas de desarrollo

Para la construcción de ambos prototipos, se seleccionaron de manera general la plataforma de Java para el desarrollo en conjunto con jCOLIBRI encargado del proceso del RBC, así como también MariaDB como manejador de base de datos. En cuanto al primer prototipo se seleccionaron las herramientas de la Tabla 17.

Tabla 17. Plataformas de desarrollo para el primer prototipo.

Plataforma

Versión

Características

Finalidad

Justificación

Java

Java SE

11

- Lenguaje orientado a objetos
- Robusto
- Simple
- Seguro

Lenguaje de programación para el desarrollo

Compatibilidad necesaria con jCOLIBRI3, soporte a largo plazo

56

jCOLIBRI

jCOLIBRI3

- Orientado a

- objetos
- PreCiclo, ciclo y postCiclo
- Framework libre

Creación y manejo del RBC

Actualmente es el framework mayormente utilizado en este tipo de aplicaciones demostrando ser robusto y fácil de usar.

IDE Eclipse

2021-09

- Integración con Java
- Compatibilidad con diversas características y paquetes

Manejo de Java y jCOLIBRI

jCOLIBRI fue elaborado para su fácil manejo en esta plataforma.

MariaDB

10.6

- Relacional de código abierto
- Almacenar la base de conocimiento
- Fácil integración con las plataformas anteriores
- Permite la escalabilidad

El segundo prototipo, aplicó las herramientas de la Tabla 16 y adicionalmente las herramientas de la Tabla 18.

Tabla 18. Plataformas de desarrollo para el segundo prototipo en la nube.  
Plataforma

Versión

Características

Finalidad

Justificación

Servidor

Apache

Tomcat

9.0

- Contenedor de servlets, JSP, etc.
- Amplio uso en aplicaciones web.

Contener y poner en funcionamiento el proyecto web.

Apropiado para realizar proyecto web basado en Java.

Hibernate

5.3

- Mapeo objeto-relacional.

Manejo de la información.

Facilidad de mapeo de la BD a objetos

Java servlet y jsp

2.\*

- Diseñadas para responder a solicitudes HTTP.
- JSP como una extensión de HTML.

Creación del entorno web.

Incorpora APIs que trabajan en conjunto con

Hibernate y conservan un estándar JAVA.

Amazon Relational Database Service (Amazon RDS)

NA

- Permite configurar, operar y escalar bases de datos relacionales en la nube.

Llevar la BD a la nube.

Fácil uso, capacidad rentable y automatiza las tareas administrativas.

57

Además, cabe mencionar que para el desarrollo del segundo prototipo se hizo uso en conjunto con las JSP, herramientas como Bootstrap y JavaScript para la formación de la interfaz gráfica.

A continuación, se describen las plataformas más importantes utilizadas en el desarrollo de los prototipos:

- jCOLIBRI y JAVA. El marco de jCOLIBRI es una herramienta orientada específicamente al desarrollo de sistemas RBC, se caracteriza principalmente por ser un marco implementado en JAVA orientado a objetos, utilizando JavaBeans para la representación de los casos, integrando la descripción del caso y la solución. jCOLIBRI pone en marcha las cuatro fases del RBC: Recuperación, Reutilización, Revisión y Retención (GAIA, s.f). El principal objetivo de jCOLIBRI es simplificar la programación y depuración de sistemas que implementen RBC, manejando la persistencia de los casos con el paquete de Hibernate, lo que permite una conexión directa con bases de datos relacionales. Este marco es de libre descarga y se pueden utilizar sus paquetes y librerías o bien descargar COLIBRI Studio, el cual permite la creación de los RBC mediante una interfaz gráfica y guiando cada paso del desarrollo, trabajando directamente con IDE Eclipse. Actualmente jCOLIBRI se encuentra en su versión jCOLIBRI3, actualizada por última vez en el 2018.
- MariaDB. MariaDB es una base de datos relacional, de código abierto, creada por los desarrolladores originales de MySQL. MariaDB está diseñada para usos transaccionales, analíticos o híbridos, además, ofrece una agilidad operativa sin

sacrificar otras características, como el cumplimiento de las normas ACID y SQL completo (MariaDB, 2019).

- Marcos Web. Se desarrolla una interfaz web específicamente para el llenado de la base de conocimientos en MariaDB, por lo que, para que las tecnologías empaten se realizó una Aplicación web en el entorno JAVA, utilizando las tecnologías de JSP y JPA, ya que son APIs que trabajan en conjunto con

58

Hibernate haciendo la programación fácil y sencilla, además de conservar el estándar JAVA.

59

## CAPÍTULO 2. Estado del Arte

### 2.1 Razonamiento basado en casos aplicado a enfermedades crónicas

El Razonamiento Basado en Casos (RBC) ha demostrado su eficacia en aplicaciones de diversos ámbitos en la e-Salud, involucrándose en el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de pacientes en una amplia gama de padecimientos. Particularmente, la literatura especializada presenta el énfasis que estos sistemas dan a la atención de problemas prioritarios a nivel internacional, como lo son las enfermedades crónicas.

Las Enfermedades No Transmisibles (ENT), "... también conocidas como enfermedades crónicas, tienden a ser de larga duración y resultan de la combinación de factores genéticos, fisiológicos, ambientales y conductuales" (OMS, 2021), estas requieren atención constante y a largo plazo.

El estado del arte del uso del RBC en las enfermedades crónicas que se presenta a continuación, fue el resultado de una primera Revisión Sistemática de la Literatura (Apéndice A), que permitió identificar los temas abiertos y aquéllos que sería importante incluir en el presente trabajo.

#### 2.1.1 Dominio e integración de la base de casos

Las aplicaciones del RBC principalmente abordan los padecimientos con mayor prevalencia y mortalidad a nivel mundial, como la diabetes (Ati, et al., 2016; Brown, et al., 2018; El-Sappagh y Elmogy, 2017; El-Sappagh, et al., 2015; Su, et al., 2018; Torrent-Fontbona y Lopez, 2019; Zufferey, et al., 2015) y la insuficiencia renal (Ahggrawan, et al., 2017; Sharma y Mehrotre, 2017; Vasquez-Molares, et al., 2019). Adicionalmente, destaca el abordaje del Cáncer en mama, pulmón, gástrico e incluso la oncología geriátrica. También se identifican aplicaciones que van desde problemas del habla, trastornos psiquiátricos, inmunología, oftalmología,

enfermedad coronaria y cuidados a personas de la tercera edad. Particularmente, se encontró un trabajo orientado al diagnóstico del Covid-19 (Oyelade y Ezugwu, 2020), sin hallar ningún trabajo orientado al EPOC en esta primera RSL. Por lo que se observa la necesidad de realizar una segunda RSL orientada exclusivamente a padecimientos pulmonares, con la finalidad de realizar una búsqueda de mayor especificidad.

La mayor parte de los trabajos revisados abordan el diagnóstico (Ahggrawan, et al., 2017; Ati, et al., 2016; Bentaiba-Lagrid, et al., 2020; Costa-Silva, et al., 2020; El-Sappagh y Elmogy, 2017; El-Sappagh, et al., 2015; Franciscatto, et al., 2021; Franciscatto, et al., 2019; Ghany, et al., 2015; Gu, et al., 2017; Gu, et al., 2020; Kahtan, et al., 2018; Lamy, et al., 2019; Lee y Sohn, 2016; Oyelade y Ezugwu, 2020; Malykh y Belyshev, 2015; Nasiri, et al., 2019; Ramos-González, et al., 2017; Saraiva, et al., 2016; Sharma y Mehrotre, 2017; Shen, et al., 2015; Singh, et al., 2016; Vasquez-Molares, et al., 2019; Zufferey, et al., 2015), algunos trabajos especifican si se trata de diagnóstico temprano o diferencial.

Por otro lado, otra parte de los trabajos se ha orientado al tratamiento de los pacientes en enfermedades específicas (Ati, et al., 2016; Brown, et al., 2018; El-Sappagh y Elmogy, 2017; Lamy, et al., 2019; Lei y Yin, 2019; Lorenzi, et al., 2017; Malykh y Belyshev, 2015; Nasiri, et al., 2019; Recio-García, et al., 2019; Saadi, et al., 2019; Sene, et al., 2015; Shen, et al., 2015; Torrent-Fontbona y Lopez, 2019).

Otras aplicaciones se enfocan en predicciones de evolución, como es el caso de Su, et al. (2018), quienes desarrollaron un RBC para la proyección de la salud con base al estilo de vida del paciente, y pocos trabajos se enfocan al seguimiento de los tratamientos a largo plazo, dado que requieren estudios de tipo longitudinal. Tal es el caso de Recio-García, et al. (2019), quienes desarrollaron un sistema de RBC conectado a una máquina de terapias para ayudar a los pacientes a eliminar su dolor lumbar, las pruebas necesitaron un estudio longitudinal para demostrar una

mejora en el paciente en cuanto a la Escala Analógica Visual (EVA), la cual mide el nivel de dolor que sienten los pacientes, teniendo una mejora media del 31.63%.

La tendencia en estos sistemas se orienta al apoyo del personal médico para la toma de decisiones médicas (Ahggrawan, et al., 2017; Ati, et al., 2016; Bentaiba-Lagrid, et al., 2020; Brown, et al., 2018; Costa-Silva, et al., 2020; El-Sappagh y Elmogy, 2017; El-Sappagh, et al., 2015; Franciscatto, et al., 2019; Franciscatto, et al., 2021; Ghany, et al., 2015; Gu, et al., 2017; Gu, et al., 2020; Kahtan, et al., 2018; Lamy, et al., 2019; Lee y Kim, 2015; Lee y Sohn, 2016; Lei y Yin, 2019; Lorenzi, et al., 2017; Malykh y Belyshev, 2015; Oyelade y Ezugwu, 2020; Ramos-González, et al., 2017; Recio-García, et al., 2019; Roy Chowdhury y Banerjee, 2019; Saadi, et al., 2019; Saraiva, et al., 2016; Sene, et al., 2015; Sharma y Mehrotre, 2017; Shen, et al., 2015; Singh, et al., 2016; Torrent-Fontbona y Lopez, 2019; Zufferey, et al., 2015) y pocos trabajos son de apoyo para los pacientes o cuidadores no profesionales (Brown, et al., 2018; Nasiri, et al., 2019; Oyelade y Ezugwu, 2020; Shen, et al., 2015; Su, et al., 2018; Torrent-Fontbona y Lopez, 2019; Torrent-Fontbona y Lopez, 2019; Wongpun y Guha, 2017).

Para integrar sus bases de conocimiento y así mismo poner a prueba el correcto funcionamiento y validar las propuestas, los trabajos integraron la información desde organizaciones específicas ( Ahggrawan, et al., 2017; Ati, et al., 2016; El-Sappagh y Elmogy, 2017; El-Sappagh, et al., 2015; Ghany, et al., 2015;

Gu, et al., 2017; Gu, et al., 2020; Lei y Yin, 2019; Oyelade y Ezugwu, 2020; Ramos-González, et al., 2017; Saraiva, et al., 2016; Sene, et al., 2015; Sharma y Mehrotre, 2017; Su, et al., 2018; Vasquez-Morales, et al., 2019; Wongpun y Guha, 2017; Zufferey, et al., 2015), principalmente de hospitales como Oyelade y Ezugwu (2020) quienes acudieron a la Sociedad Italiana de Radiología Médica e Intervencionista (SIRM) para la obtención de información.

En otros casos, se utilizaron repositorios abiertos (Bentaiba-Lagrid, et al., 2020; Kahtan, et al., 2018; Lamy, et al., 2019; Lee y Kim, 2015; Recio-García, et al.,

62

2019; Roy Chowdhury y Banerjee, 2019; Saadi, et al., 2019), donde Kahtan, et al. (2018), por ejemplo, hicieron uso del repositorio "UCI Machine Learning Repository: Heart Disease Data Set", el cual contenía la información necesaria. Incluso en algunos trabajos se empleó la simulación de casos, como lo hicieron los autores Torrent-Fontbona y Lopez, (2019), quienes realizaron un RBC para la recomendación de bolus personalizado a pacientes con diabetes tipo 1, para lo cual utilizaron el simulador "UVa/Padova T1DM", la simulación permite obtener casos para validar las propuestas en dominios limitados o al tener carencia de pacientes.

En la mayoría de las veces la información obtenida para la estructura de los casos, incluye información demográfica y el historial clínico relacionado al padecimiento bajo estudio (Ahggrawan, et al., 2017; Ati, et al., 2016; Bentaiba-Lagrid, et al., 2020; Brown, et al., 2018; El-Sappagh y Elmogy, 2017; El-Sappagh, et al., 2015; Gu, et al., 2017; Kahtan, et al., 2018; Lei y Yin, 2019; Malykh y Belyshev, 2015; Malykh y Belyshev, 2015; Oyelade y Ezugwu, 2020; Recio-García, et al., 2019; Saadi, et al., 2019; Sene, et al., 2015; Sharma y Mehrotre, 2017; Su, et al., 2018; Vasquez-Molares, et al., 2019; Wongpun y Guha, 2017; Zufferey, et al., 2015), pruebas de laboratorio y otros estudios especializados (Ati, et al., 2016; Bentaiba-Lagrid, et al., 2020; El-Sappagh y Elmogy, 2017; El-Sappagh, et al., 2015; Gu, et al., 2017; Oyelade y Ezugwu, 2020; Su, et al., 2018), signos y síntomas (Ahggrawan, et al., 2017; Gu, et al., 2017; Lee y Kim, 2015; Lee y Sohn, 2016; Lei y Yin, 2019; Lorenzi, et al., 2017; Nasiri, et al., 2019; Oyelade y Ezugwu, 2020; Saadi, et al., 2019; Saraiva, et al., 2016; Shen, et al., 2015; Singh, et al., 2016), y las soluciones o tratamientos aplicados (Ati, et al., 2016; Bentaiba-Lagrid, et al., 2020; Brown, et al., 2018; El-Sappagh y Elmogy, 2017; El-Sappagh, et al., 2015; Franciscatto, et al., 2019; Franciscatto, et al., 2021; Lorenzi, et al., 2017; Nasiri, et al., 2019; Recio-García, et al., 2019; Saadi, et al., 2019; Torrent-Fontbona y Lopez, 2019). E incluso en algunos trabajos como el de Roy Chowdhury y Banerjee (2019), se hace uso de imágenes médicas como entrada para un nuevo caso.

63

Destacan algunos trabajos, que para la integración de los casos abordan el preprocesamiento de información (Roy Chowdhury y Banerjee, 2019; Zufferey, et al., 2015) e incluso el tratamiento de datos faltantes (Ati, et al., 2016; Bentaiba-Lagrid, et al., 2020; Ghany, et al., 2015), que los autores consideran como un tema abierto, dado que las fuentes originales de datos generalmente están dispersas y no siempre completas.

Respecto a los métodos y técnicas que se emplean en los cuatro procesos básicos del RBC, cada trabajo en la literatura especializada, elige y aplica aquéllos que se adecúan al ámbito de aplicación y condiciones propias del problema. A continuación, se presentan los principales hallazgos.

#### Proceso de Recuperación

En este primer proceso de recuperación de casos similares, se encontró que algunos autores utilizan el filtrado por características para recuperar un conjunto de casos similares y después pasar al proceso de selección y reúso (Ahggrawan, et al., 2017; Bentaiba-Lagrid, et al., 2020; Franciscatto, et al., 2021; Franciscatto, et al., 2019; Lei y Yin, 2019; Lorenzi, et al., 2017; Oyelade y Ezugwu, 2020; Sene, et al., 2015; Recio-García, et al., 2019).

En algunos trabajos (El-Sappagh y Elmogy, 2017; El-Sappagh, et al., 2015; Lee y Kim, 2015; Lee y Sohn, 2016; Oyelade y Ezugwu, 2020; Nasiri, et al., 2019), los autores emplearon el uso de ontologías, por lo cual es necesario un preprocesamiento del lenguaje natural para la obtención de la información.

Otras propuestas combinan el proceso de recuperación y selección en un sólo mecanismo, implementando fórmulas de similitud local y global. Dentro de las fórmulas de similitud global (eq. 7) más utilizadas, destaca el vecino más cercano, como lo hicieron los autores Wongpun y Guha (2017), quienes la definen como la

64

similitud entre el nuevo caso  $n_c$  y un caso existente  $c$ , utilizando el promedio ponderado como similitud local para cada atributo  $sim(n_c, c_i)$  y  $w_i$  como el peso de cada atributo.

$789;8.10$

(  
 $\leq, =\%$

)  
 =

6  
 $7'' * 9\% : (\$ = " = \$")$   
 +  
 $\$( )$

$\sum$   
 $7''$   
 +  
 $\$( )$

(7)

En algunos otros trabajos, como es el caso de Brown, et al., (2018), se utiliza la distancia euclidiana (eq. 8) para encontrar los casos más similares, donde TP es el nuevo caso y TC el caso a comparar de la base de conocimiento, I es el número total de características y W el peso de cada característica respectivamente.

>

(



?@,?A

)  
=

45  
\$%(?@% - ?A%) "  
1  
%5!

(8)

Este paso del RBC puede mejorarse con diversas técnicas, a través de fórmulas de similitud, segmentaciones y métodos de tipo estadístico, para obtener una entrada depurada al proceso de selección y mayor eficiencia en ejecución.

#### Proceso de Recuperación

En cuanto al segundo proceso del RBC, la recuperación o selección, como se mencionó anteriormente algunos autores combinan estos dos primeros procesos utilizando técnicas como el cálculo de distancia Euclidiana y el método del vecino más cercano para la recuperación de los casos. Sin embargo, algunos otros autores emplean otras técnicas, como el indicador de eficiencia para elegir el mejor caso (Lorenzi, et al., 2017) y en procesos con mayores requerimientos de eficiencia, se utilizan búsquedas en profundidad y reglas difusas o redes neuronales, según sea el objetivo (Bentaiba-Lagrid, et al., 2020; Ghany, et al., 2015; Kahtan, et al., 2018; Kahtan, et al., 2018; Lee y Kim, 2015; Lee y Sohn, 2016).

#### Proceso de Revisión

En esta fase del RBC, de acuerdo al desarrollo de ajuste de la solución, se descubrió que, generalmente se resuelven por el especialista médico en el área (Ati, et al., 2016; Franciscatto, et al., 2021; Franciscatto, et al., 2019; Gu, et al., 2017; Gu, et al.,

65

2020; Lorenzi, et al., 2017; Oyelade y Ezugwu, 2020; Recio-García, et al., 2019; Saadi, et al., 2019; Singh, et al., 2016), y, para validar, no solamente se recurre al juicio del experto, sino también se toman en cuenta los trabajos donde se valida contra casos ya resueltos, lo que da la facilidad para la ejecución experimental en las diversas propuestas. (Roy Chowdhury y Banerjee, 2019; Su, et al., 2018; Vásquez-Molares, et al., 2019; Zufferey, et al., 2015). Se pudo observar que, algunos trabajos se ajustan promediando las soluciones obtenidas (Brown, et al., 2018).

Cabe destacar que los aspectos éticos están implicados dentro de estas aplicaciones, que se caracterizan en cierta medida, por ser sistemas de misión crítica, al implicar la salud y vida de un paciente.

#### Proceso de Retención

La última fase del RBC corresponde a la alimentación de la base de casos, se encontró que existen algunos sistemas que aplican políticas de retención, las cuales son diseñadas junto con los expertos en el área, donde se considera el grado de modificación a casos ya existentes (Gu, et al., 2020; Oyelade y Ezugwu, 2020; Saadi, et al., 2019; Sene, et al., 2015; Torrent-Fontbona y López, 2019). De igual manera, se ha probado la automatización de este proceso mediante el cálculo de similitud estructural parcial (Shen, et al., 2015; Singh, et al., 2016).

Un aspecto importante que se encontró en los trabajos revisados, es la forma

en que se plantea la interacción humano-computadora para el especialista médico y la interpretación de los resultados que arroja el sistema, con el fin de mejorar su comprensión. Se encontraron trabajos donde la interacción se realiza mediante una interfaz gráfica (Lamy, et al., 2019; Lorenzi, et al., 2017; Saraiva, et al., 2016; Shen, et al., 2015; Su, et al., 2018; Torrent-Fontbona y López, 2019; Wongpun y Guha, 2017), destacándose el hecho de que en algunos casos se acompaña de un texto explicativo.

66

### 2.1.3 Validación de propuestas

Es importante destacar, que, de los trabajos que mencionan las plataformas tecnológicas utilizadas para el desarrollo de los prototipos, indican haber utilizado como herramienta de implementación, el lenguaje Java (El-Sappagh y Elmogy, 2017; El-Sappagh, et al., 2015; Kahtan, et al., 2018; Oyelade y Ezugwu, 2020). De igual manera se utiliza con mucha frecuencia una librería de Java especializada en RBC, llamada JCOLIBRI desarrollada en España por el Grupo GAIA (Group of Artificial Intelligence Applications) (El-Sappagh y Elmogy, 2017; El-Sappagh, et al., 2015; Lamy, et al., 2019; Oyelade y Ezugwu, 2020; Recio-García, et al., 2019; Saadi, et al., 2019; Saraiva, et al., 2016; Sharma y Mehrotre, 2017).

Algunos otros entornos de desarrollo, también utilizados, son: Python (Franciscatto, et al., 2021; Franciscatto, et al., 2019; Lamy, et al., 2019; Oyelade y Ezugwu, 2020) y PHP (Ahggrawan, et al., 2017; Ghany, et al., 2015; Wongpun y Guha, 2017). En cuanto al manejador de las bases de datos, donde son guardados los casos, MySQL predomina (Ahggrawan, et al., 2017; Ghany, et al., 2015; Wongpun y Guha, 2017).

Los prototipos desarrollados, se orientan a validar los algoritmos propuestos que resuelven los pasos del RBC. De igual forma, en los casos donde se utilizan las ontologías, éstas son evaluadas.

Para realizar dichas validaciones, los trabajos deben contar con un cierto número de casos para llenar su base de conocimientos, se encontró que el tamaño de muestra varía en función de la disponibilidad de la información, siendo mayor la correspondiente a repositorios especializados, alimentados por varias instituciones. Cuando provienen de centros de salud específicos, pueden variar desde 50 hasta 200 casos, sin embargo, la obtención de información también depende del dominio de la aplicación.

67

Dentro de las métricas que más destacan para la validación de los sistemas, se encuentran la precisión (eq. 9), el recall (eq. 10) y el F1 Score (eq. 11), siendo sólo las principales, ya que en algunos trabajos adicionan otras, como: la sensibilidad, exactitud, especificidad y MAE (Mean Absolute Error), y demás. Las métricas anteriormente mencionadas tienen en común el uso de la matriz de confusión para obtener las variables a medir, como se muestra en la Tabla 19.

Precisión:

>?  
>?@A?

(9)  
Recall:  
>?  
>?@AB

(10)  
F1-Score:  
2

C  
?\*C=%9%ó\$\*EC=&FF  
?\*C=%9%ó\$@EC=&FF

D (11)  
Exactitud: C  
G?@GB  
G?@GB@A?@AB

D (12)

Tabla 19. Matriz de confusión.

Real positivo

Real negativo

Predicción positiva

VP (Verdadero Positivo)

FP (Falso Positivo)

Predicción negativa

FN (Falso Negativo)

VN (Verdadero Negativo)

En el caso de trabajos que hacen uso de ontologías, es necesaria la utilización de otras métricas para la validación de éstas.

En general, los resultados reportados de la validación son positivos, confirmando la utilidad de los RBC en el ámbito médico con relación a la fiabilidad de los resultados. Sin embargo, se reconocen temas abiertos, principalmente en la ampliación de las de bases de casos, abordaje a otros padecimientos, la inclusión de técnicas para mejorar los rendimientos, así como la evaluación en un entorno real, sobre todo para aquellos trabajos que reportan estudios sobre bases de datos históricas o simulaciones.

## 2.2 Razonamiento basado en casos aplicado a enfermedades respiratorias

Después de analizar la información de la revisión anterior y ante el número limitado de aplicaciones de SRs enfocados a enfermedades respiratorias, se realizó una segunda investigación orientada a este dominio específico, recuperándose 17 trabajos, cuyos resultados se describen a continuación.

Antes de exponer los hallazgos, cabe mencionar que, dentro de las enfermedades respiratorias, se encuentran diversos padecimientos, entre los cuales la OMS destaca los siguientes cinco: EPOC, Asma, infecciones agudas del tracto respiratorio inferior, tuberculosis y cáncer de pulmón. Es importante destacar que estas enfermedades, entran dentro de las causas más comunes de muerte a nivel mundial e imponen una gran carga sanitaria (Foro de las Sociedades Respiratorias Internacionales, 2017).

### 2.2.1 Padecimientos respiratorios abordados y origen de los casos

Se encontraron trabajos orientados a padecimientos respiratorios, donde la mayoría se orienta sólo al diagnóstico del COVID-19 (Jin, et al., 2020; Kouamé y Mcheick, 2021; Li, et al., 2020; Mei, et al., 2020; Oyelade y Ezugwu, 2020; Smiti y Nssibi, 2020), algunos otros al EPOC (Evans-Romaine y Marling, 2003; Guessoum y Khadir, 2012; Guessoum, et al., 2014; Hasenstab, et al., 2021; Kouamé y Mcheick, 2021; Srivastava, et al., 2021), donde destaca el trabajo de los autores Hasenstab, et al. (2021), quienes realizaron un sistema capaz de predecir la progresión y la mortalidad de la enfermedad utilizando una red neuronal y aprendizaje profundo.

Algunas otras enfermedades encontradas para su diagnóstico, tratamiento y clasificación fueron la tuberculosis, el asma, arritmia en el seno respiratorio, cáncer de pulmón y un trabajo orientado a enfermedades crónicas, incluyendo el EPOC (Sultan, 2017). Este último trabajo, se enfoca al diagnóstico y tratamiento

69

farmacológico, el sistema recomienda el uso de broncodilatadores, antibióticos y el cese del uso del tabaco.

Principalmente, los trabajos analizados, buscan ayudar al personal médico (Darabi y Teimourpour, 2017; Guessoum y Khadir, 2012; Guessoum, et al., 2014; Hasenstab, et al., 2021; Jin, et al., 2020; Li, et al., 2020; Mei, et al., 2020; Nega y Kumlachew, 2017; Nilsson y Funk, 2004; Oyelade y Ezugwu, 2020; Quinde, et al., 2020; Smiti y Nssibi, 2020; Srivastava, et al., 2021; Tesfaye y Kifle, 2019), al apoyo de pacientes (Kouamé y Mcheick; 2021; Quinde, et al., 2020; Smiti y Nssibi, 2020; Sultan, 2017; Tesfaye y Kifle, 2019), y, sólo un trabajo (Evans-Romaine y Marling, 2003) se orienta a enseñar a estudiantes de medicina deportiva a prescribir ejercicios para pacientes con enfermedades cardíacas y pulmonares en general, los autores no hacen mención de que hayan sido aplicados ni la evaluación o mejora en pacientes.

Para la obtención de los casos con los cuales se alimentan los sistemas y se realizan las pruebas, generalmente los trabajos publicados, obtienen bases de datos de hospitales, centros médicos y sólo un trabajo hace uso de un repositorio abierto con información sobre el Covid-19 (Jin, et al., 2020). Algunos otros trabajos emplean un módulo propio con una interfaz gráfica para alimentar los casos (Darabi y Teimourpour, 2017; Nega y Kumlachew, 2017; Srivastava, et al., 2021; Tesfaye y Kifle, 2019), y dos trabajos hacen uso de bancos de imágenes de Tomográficas

Computarizadas (TC), como entrada al RBC (Hasenstab, et al., 2021; Li, et al., 2020).

La información que integran estos casos va desde las variables demográficas, que generalmente incluyen: edad, género e índice de masa corporal, el historial clínico, otras pruebas de laboratorio, como la TC, signos y síntomas, entre los que destacan: fiebre, tos, esputo y disnea, e información específica al caso, como el historial de exposición en antecedentes de viaje para el caso del Covid-19 (Mei, et al., 2020). También se incluyen, factores de riesgo como la obesidad y

70

presión alta (Evans-Romaine y Marling, 2003), hasta indicadores ambientales para interiores y exteriores en el caso del asma (Quinde, et al., 2020).

Finalmente, sólo algunos trabajos comentan que los casos recolectados son guardados en bases de datos estructuradas (Kouamé y Mcheick, 2021; Quinde, et al., 2020; Sultan, 2017) y algunos especifican hacer uso de las ontologías (Darabi y Teimourpour, 2017). De igual manera, algunos trabajos realizan el preprocesamiento de información para tratar datos faltantes, como en (Darabi y Teimourpour, 2017; Guessoum, et al., 2014; Srivastava, et al., 2021) y como en Darabi y Teimourpour (2017), para la eliminación de los datos personales.

#### 2.2.2 Formas de implementación del RBC para enfermedades respiratorias

Para la obtención de los casos más similares (recuperación y reutilización) los trabajos emplean árboles de decisión (Darabi y Teimourpour, 2017; Tesfaye y Kifle, 2019), el vecino más cercano (Evans-Romaine y Marling, 2003; Guessoum y Khadir, 2012; Quinde, et al., 2020; Sultan, 2017; Smiti y Nssibi, 2020) y la distancia euclidiana aplicados a similitudes globales y locales (Guessoum y Khadir, 2012; Guessoum, et al., 2014; Mei, et al., 2020; Nilsson y Funk, 2004; Oyelade y Ezugwu, 2020; Quinde, et al., 2020; Smiti y Nssibi, 2020).

En el proceso de revisión se encontró que generalmente los casos eran ajustados y aprobados por el personal médico o especializado (Oyelade y Ezugwu, 2020; Quinde, et al., 2020; Sultan, 2017) y otros hacían uso de reglas de adaptación (Guessoum y Khadir, 2012; Guessoum, et al., 2014).

En cuanto al último proceso del RBC, la retención, no se encontró información específica sobre cómo los trabajos realizaban este proceso, por lo cual se considera un tema abierto a tratar, donde sólo un trabajo mencionó que ésta estaba dada por la recomendación del médico o personal especializado (Sultan, 2017).

71

En el caso de los autores Mei, et al. (2020), realizaron una Red Neuronal Convolutiva Profunda (CNN, de sus siglas en inglés Convolutional Neural Network) y un calificador de Máquina de Vectores de Soporte (SVM, de sus siglas en inglés Support-Vector Machines), bosque aleatorio y Perceptrón Multicapa (MLP, de sus siglas en inglés MultiLayer Perceptron) para la clasificación de pacientes con Covid-19, tomando en cuenta sus descriptores del caso y además las imágenes de

TC, para seleccionar los casos aplicaron un modelo de entrenamiento orientado a la tuberculosis adaptándolo a este dominio. Al igual que Mei, et al. (2020), diversos autores hacen uso de redes neuronales (Hasenstab, et al., 2021; Jin, et al., 2020; Li, et al., 2020; Srivastava, et al., 2021).

Los autores Kouamé y Mcheick (2021) trabajaron sobre un enfoque ontológico para la detección de casos sospechosos de Covid-19 entre los pacientes con EPOC, esto se logró realizando un Razonador Basado en Reglas (RBR), el cual como su nombre lo dice, mediante una serie de reglas e inferencias obtiene una solución al nuevo caso, derivado a la importancia del resguardo de personas en la pandemia por Covid-19, sus resultados eran enviados mediante mensajes de texto o correos electrónicos.

## 2.3 Principales hallazgos y temas abiertos

### 2.3.1 Temas abiertos en el estado del arte

Con base a las dos revisiones de la literatura realizadas, se obtuvo un amplio panorama de los trabajos existentes en el área, lo que han abordado y cómo han funcionado, con los siguientes hallazgos:

- En cuanto al dominio en el que se aplican los sistemas de recomendación, se observa su uso en una amplia gama de padecimientos, destacando las enfermedades crónicas y varios tipos cáncer, sin embargo, existen enfermedades con gran mortalidad los cuales no han sido abordados completamente.

72

- La finalidad para cual se diseñan los sistemas de recomendación, incluye preponderantemente, el diagnóstico y hasta el pronóstico, y en pocos trabajos se aborda el tratamiento.
- El principal público objetivo de estas aplicaciones es el personal sanitario, y sólo contados trabajos, incluyen a los cuidadores.
- Se encontró un amplio uso del RBC, e incluso su combinación con otras técnicas, como el uso de reglas. De igual forma, destacan otros métodos, como el uso de redes neuronales y árboles de decisión.
- Para la construcción, se identificó el uso de librerías especializadas que permiten la implementación del RBC, como myCBR y jCOLIBRI. De igual forma, entre otras plataformas, las más utilizadas son: Java, PHP, Python y MySQL.
- El RBC, se usa generalmente en los procesos de recuperación y reutilización.
- En los métodos más mencionados para la recuperación se encuentra el uso del vecino más cercano, la distancia euclidiana y las fórmulas de similitud modificadas.
- En cuanto a la validación de los sistemas, los trabajos se centran en evaluar la funcionalidad y precisión del recomendador, utilizando las métricas de precisión, recall, F1-score y exactitud, entre otras.
- Las bases de casos, generalmente se recuperan de repositorios institucionales, aunque existen algunos repositorios abiertos de gran utilidad para la prueba de nuevas aplicaciones.

Respecto a los temas abiertos identificados por los autores, se destacan los siguientes:

- Los trabajos no abordan una validación de los casos para el enriquecimiento de su base de conocimiento, guardando todas sus soluciones, tema que se ha dejado de lado debido a no ser crítico para la recuperación de la solución.
- Por otro lado, la interfaz gráfica se ha empleado en diversos trabajos para

mostrar las soluciones a los nuevos casos, destacando sólo dos trabajos que hacen uso de texto explicativo para mostrar sus resultados.

73

- Referente a los padecimientos considerados, se menciona la necesidad de extender su aplicación e incluir mayores características que permitan delimitar, aún más, las posibles soluciones. Y en los casos de diagnóstico, los autores sugieren, además, detectar el nivel de gravedad de la enfermedad.
- En cuanto a la revisión de los casos y validación de éstos, se ve la necesidad de contar con la colaboración de médicos o especialistas en el área, así como también agregar secciones de retroalimentación para mejorar las soluciones.
- Para las pruebas, los autores coinciden en emplear un mayor número de casos, ya que sus validaciones se vieron limitadas en este sentido.
- Se sugiere la implementación de interfaces gráficas que permitan la comunicación humano-computadora, o en su caso, mejorarlas.
- Algunos autores mencionan el problema que representa el mantenimiento del sistema, e incluso, aquéllos que utilizan reglas de inferencia, indican la necesidad de mecanismos que permitan dar mantenimiento constante a éstas.

### 2.3.2 Principales problemas de implementación en los RBC

Uno de los problemas típicos de los SRs, es el arranque en frío, que sucede cuando hay una escasez de la información disponible para el algoritmo de recomendación, afectando la calidad del resultado que se busca maximizar (Lika, et al., 2014). Los SRs, a pesar de tener algoritmos sofisticados, necesitan de cierta información para comenzar a operar. Sin datos suficientes, es imposible ofrecer una personalización. Este problema ha sido abordado de diferentes maneras, por medio de redes neuronales, uso de ontologías y lenguaje natural, y hasta el uso de información pública.

Cáceres (2018) propone dos soluciones para el arranque en frío, el primero consiste en que, dado un paciente nuevo, se obtengan los sujetos más similares para formar su propia base de casos con el consecuente costo computacional, esto lo probó en una aplicación orientada a pacientes con diabetes melitus tipo 1, en su día a día. La segunda solución consiste en crear una serie de casos estándar

74

diferentes, para que estén disponibles en el sistema, así se remedia el déficit de información, implicando un esfuerzo inicial a tomar en cuenta.

De igual forma, Jorro-Aragoneses, et al., (2014) proponen el uso de una base de casos general con 300 imágenes anónimas, obtenidas de Google Imágenes, para el enriquecimiento de su base de conocimientos, buscando evitar el problema de arranque en frío, considerando que su sistema está diseñado para la identificación de emociones mediante imágenes.

Por otro lado, el uso de reglas también es empleado para resolver el problema de arranque en frío, sin embargo, incluso pudiendo ser utilizado en sistemas que ya cuentan con base de conocimiento, pero que deben tratar un nuevo caso para el cual no hay mucho antecedente. Viktoratos, et al. (2018) utilizan una base de reglas para proporcionar recomendaciones más precisas a nuevos usuarios

con escasez de información, con base al historial.

En el caso que nos compete, la escasez de información, sí puede ser un problema, dado que no existe una política en el sector salud, sobre la consolidación del expediente clínico universal digital, y que cada profesional e institución, integran estos antecedentes de manera diferente y a veces incompleta.

La sobre-especialización es otro problema de los SRs, que generalmente sucede en los sistemas basados en contenido, y surge cuando no se pueden otorgar soluciones a situaciones inesperadas, por lo que la recomendación se basa únicamente en usuarios o ítems con puntuación alta, que no necesariamente se ajusta a lo requerido (Stitini, et al., 2022).

Blanco-Fernández, et al. (2011) coinciden en que la sobre-especialización se presenta en los enfoques basados en contenido y para hacer frente a este problema, proponen el uso del filtrado colaborativo, el cual consiste en aprovechar experiencia de otros usuarios con ideas afines, para la obtención de resultados.

75

En el caso de estudio del uso del RBC para la recomendación de fisioterapias pulmonares, la sobre-especialización no es un problema, ya que como se mencionó, ésta se ve presente en los filtrados basados en contenido y no en los basados en conocimiento, como es el caso.

Por otro lado, los sistemas de recomendación son creados para facilitar búsquedas y ayudar en la toma de decisiones a los usuarios, dependiendo del contexto. Un problema común que enfrentan los usuarios al utilizar este tipo de sistemas es la confianza hacia el resultado, si el usuario no siente confianza por el sistema y no entiende cómo éste ha llegado a la conclusión que le presenta, probablemente no utilice dicha recomendación y entonces el sistema no será útil.

Una solución a este problema es la procuración de la “explicabilidad”, anglicismo que representa lo que permite al usuario comprender el funcionamiento y las causas que llevan a un sistema a dar una recomendación. Una mejora en la “explicabilidad”, repercute directamente en la confianza del usuario al utilizar los sistemas de recomendación.

En este sentido, existe un campo llamado la Inteligencia Artificial Explicable (XAI, de siglas en inglés eXplainable Artificial Intelligence) introducido por Gunning (2016) explicado en Valdivieso López (2022), su objetivo es proporcionar detalles de las fortalezas y debilidades de la IA en la capacidad de explicar su razón de ser. Esto se logra mediante un conjunto de técnicas para hacer los sistemas más entendibles para los usuarios, sin perder rendimiento y aumentando su confianza, incrementando a la vez su utilidad.

La “explicabilidad”, incluye una serie de objetivos para su cumplimiento, y se compone de la forma en la que se presentan los resultados, su argumentación, el nivel de detalle y la interacción con el usuario (Caro Martínez, 2022).



Los objetivos de una explicación se pueden dividir en dos tipos: de bajo nivel y de alto nivel. Los objetivos de alto nivel se centran en el usuario, mientras que los de bajo nivel, ayudan a alcanzar los de alto nivel y tienen que ver más con el sistema y cómo funciona. A continuación, se puntualizan los conceptos involucrados en la “explicabilidad”, según (Caro Martínez, 2022).

Los objetivos de alto nivel son:

- Mejorar la retención de los usuarios: Acrecentar las posibilidades de que un usuario vuelva a utilizar el sistema recomendador.
- Mejorar la experiencia de usuario: Se concentra en socorrer a mejorar la experiencia del usuario para la correcta toma de decisiones. Este punto está fuertemente asociado con la fidelidad, ya que cuanto mejor sea la experiencia, más probable es que el usuario regrese a usar el sistema.
- Justificación de la recomendación: El objetivo principal es proporcionar que la recomendación proporcionada sea comprendida por el usuario. Este punto finalmente influye a mejorar la fidelidad y la experiencia de usuario, ya que permite satisfacer sus necesidades.

Los objetivos de bajo nivel, son:

- Efectividad: Ayuda al usuario a encontrar los productos que necesita o desea.
- Eficiencia: Al contar con una buena explicación, el usuario podrá tomar decisiones rápidamente.
- Confianza: La confianza aumenta cuando los usuarios comprenden la explicación y cómo se llegó a esa determinada recomendación.
- Escrutabilidad: Ocurre cuando el usuario puede dar su opinión sobre cómo funciona el sistema.
- Persuasión: Se trata de una recomendación convincente, cuando la recomendación convence al usuario de que el resultado dado es adecuado.

- Satisfacción: La impresión del usuario al aumentar la calidad de las recomendaciones, mejora la experiencia y su disfrute general del sistema.
- Transparencia: Se trata de descripciones claras, cuando el sistema especifica cómo y por qué se hace una recomendación. A diferencia de la justificación, la transparencia contribuye información sobre el modelo.
- Educación: Una acertada explicación al usuario, le permitirá comprender algo nuevo del sistema de recomendación, lo cual impactará de manera directa a una mejor toma de decisiones y también al incrementará las posibilidades de que el usuario vuelva a usar el sistema.
- Debugging o depuración: Las explicaciones no solo son útiles para el usuario, sino también para los desarrolladores, una acertada explicación le proporcionara al desarrollador identificar los errores en el sistema e incluso facilitar el mantenimiento o ampliación del mismo.

La presentación es otro factor clave que hace referencia a la forma en cómo se presenta una explicación al usuario. Existen cuatro conceptos que conlleva una presentación: el formato de visualización, el tipo de argumentación, el nivel de detalle, y el tipo de interacción. Para el formato de visualización existen diversas formas, como:

- Lenguaje natural: Se trata de una descripción textual, es común utilizar plantillas que contengan texto predefinido modificando únicamente los datos

asociados a la recomendación concreta. Es el más común para presentar una explicación.

- Esquemático: Las explicaciones son reveladas en un texto simplificado, tales como, tablas, listas, etiquetas, logs (o registros) o valoraciones.
- Visual: Las explicaciones son mostradas en forma gráfica, como diagramas o histogramas, nubes de etiquetas, entre otros.
- Otros: Se han desarrollado formatos de visualización más innovadores y atractivos, tales como audio, video, realidad aumentada o mixta, entre otros.

78

La argumentación también es importante en la explicación de una recomendación, ésta puede contar con diferentes perspectivas (positiva y negativa) y apoyarse en las similitudes o diferencias entre las características del producto y las preferencias del usuario, a continuación, se explican estos conceptos:

- Recomendación positiva: Justifica una recomendación con argumentos positivos a los usuarios.
- Recomendación negativa: Las explicaciones muestran características que no se ajustan a las prioridades del usuario. Su función es argumentar dicha diferencia y justificar su similitud.
- Similitudes: Su objetivo es destacar las semejanzas entre las características de los productos y las preferencias del usuario.
- Diferencias: Destacan las diferencias entre los ítems y las preferencias del usuario. Éstas pueden justificar la diversidad de ítems.

Así mismo, Caro Martínez (2022), define dos niveles de detalle de una explicación:

- Único nivel: Hace alusión a aquella explicación que tiene una sola base de conocimiento, un único formato de presentación y/o una explicación escueta con pocos detalles.
- Multinivel: Este rango de explicación utiliza diversas fuentes de conocimiento, diferentes formatos de presentación y/o explicaciones más largas con muchos detalles.

Existen diversas formas con las cuales se puede interactuar con una explicación, esto es la manera en cómo el usuario las obtiene a través del sistema:

- Proactivo: El sistema proporciona la explicación desde un inicio, por lo tanto, el usuario no tiene que pedir una justificación.
- Reactivo: El usuario es el que solicita una explicación de la recomendación obtenida.

79

- Interactivo: La explicación tiene un alto grado de accesibilidad para el usuario y éste puede interactuar con la misma para obtener más información.

## 2.4 Propuesta derivada del estado del arte

Con la finalidad de establecer la propuesta de un sistema para prescripción de

fisioterapia pulmonar en pacientes EPOC, y con base a los hallazgos de la literatura especializada, se ha elaborado un análisis FODA (Tabla 20) para identificar una estrategia propuesta.

Tabla 20. Análisis FODA de hallazgos en las RSL.

Factores

INTERNOS

Factores EXTERNOS

FORTALEZAS

1. Robustez demostrada del RBC.
2. Ventajas en dominios de alta complejidad del RBC.
3. Existencia de mecanismos de selección y adaptación, probados, así como de técnicas para abordaje de la incompletitud de datos.
4. Existencia de librerías que facilitan el desarrollo y prueba de sistemas de RBC.
5. El RBC refleja fielmente el razonamiento humano.

DEBILIDADES

1. Calidad de los resultados, dependiente de la diversidad y exactitud de los casos documentados en el RBC.
2. Poca "explicabilidad" de los resultados en el RBC.
3. Impacto del crecimiento de la base de casos en el rendimiento del sistema.

OPORTUNIDADES

1. Padecimientos crónicos de alta mortalidad, así como etapas de tratamiento, poco abordados.
2. Uso potencial para optimizar el tiempo del personal de salud.
3. Tema abierto de mejora en los pasos de validación y retención de casos.
4. Tema abierto de mejora de la usabilidad en las interfaces humano-máquina orientadas al personal de salud.

5. Existencia de guías clínicas nacionales e internacionales.

6. Métricas de validación para los resultados del sistema.

#### MAX-MAX

F1-O1. Aplicar el RBC a padecimiento crónicos relevantes.

F4-O4. Utilizar librerías para probar rápidamente nuevas propuestas y concentrar esfuerzo en la mejora de la usabilidad.

F5-O2. Desarrollo de sistemas con RBC para facilitar la toma de decisiones del personal de salud y optimizar su tiempo.

F2-O1. Aplicar el RBC en la etapa de tratamiento.

#### MIN-MAX

D2-O4. Uso de técnicas para mejorar la usabilidad e incluir la "explicabilidad" de resultados del RBC.

D3-O3. Diseño de técnicas y/o políticas para validación y retención de los casos considerados valiosos y evitar el acumulamiento de casos no útiles.

D1-O5. Generar una estructura suficiente para los casos con base a las guías clínicas.

D1-O6. Uso de métricas para la validación y calidad de los datos y resultados.

#### AMENAZAS

#### MAX-MIN

#### MIN-MIN

80

1. Demanda de procesamiento para una respuesta rápida.

2. Dispersión de información y poca homogeneidad en los datos de casos.

3. Incompletitud de información en los casos.  
4. La calidad de vida del paciente está en juego.

F3-A2. Establecer mecanismos de selección que prioricen adecuadamente las características relevantes de los casos.

F3-A3. Incluir alguna técnica de compensación de la incompletitud.

F5-A4. Aplicación del RBC para apoyo a la toma de decisiones, sin sustituir el criterio experto.

D1-A2. Buscar casos documentados de fuentes públicas reconocidas.

D1-A3. Fortalecer las bases abiertas disponibles, para futuros trabajos.

D3-A1. Analizar la arquitectura del sistema, estableciendo los principios de escalamiento y mantenibilidad del sistema.

Con base al estudio de la situación del estado del arte, del análisis FODA se establecen los objetivos estratégicos que derivan en el concepto del sistema a proponer en el presente trabajo (Tabla 21).

Tabla 21. Objetivos estratégicos derivados de la situación del estado del arte.  
Objetivo estratégico

Concepto del sistema

Estrategias FODA incorporadas

Integrar etapas del proceso clínico, posteriores al diagnóstico, en padecimientos relevantes.

- El sistema abordará la prescripción de fisioterapia pulmonar, en apoyo al tratamiento del EPOC.

F1-O1

F2-O1

Favorecer el proceso de adopción por parte de los especialistas.

- El sistema será conceptualizado como una herramienta de apoyo, reconociendo el rol del especialista en la toma de la decisión.

F5-O2

F5-A4

Considerar los requisitos no funcionales más importantes para este tipo de sistemas.

- El sistema incorporará los requisitos no funcionales de: funcionalidad (precisión), usabilidad (inteligibilidad), eficiencia (comportamiento en el tiempo) y mantenibilidad (facilidad de cambios), incluyendo la "explicabilidad" como parte de la usabilidad.

D2-O4

D1-O6

D3-O3

D3-A1

Agilizar la prueba de concepto, previo a la integración de una primera versión el sistema.

- El sistema se implementará aprovechando métodos, técnicas y herramientas, probadas, para la implementación de la prueba de concepto.

F4-O4

F3-A2

Consolidar la descripción del conocimiento de manera

- El sistema estructurará el conocimiento con base a guías clínicas nacionales e

F3-A3

D1-A2

D1-A3

lógica y consistente al dominio.

internacionales, así como al criterio de un grupo de expertos, considerando las normas internacionales de calidad de datos.

D1-O5

Dado que como resultado del FODA se propone la integración del RBC y éste tipo de métodos enfrentan algunos problemas de implementación, mismos que ya se han mencionado, se han identificado áreas de oportunidad abordables para disminuir dichas dificultades.

Para el arranque en frío, se integrará una base de casos recopilados inicial, para dar soluciones genéricas, las cuales con el tiempo se ajustarán a los nuevos casos y el conocimiento se irá generando con ayuda de los ajustes realizados por expertos y la retención de las soluciones exitosas.

El uso de reglas ha sido ampliamente utilizado en conjunto con el RBC, para obtener resultados más precisos. Teniendo en cuenta sus ventajas, la recomendación pasará por una versión previa a las reglas formales, a manera de premisas de ajuste y buenas prácticas diseñadas en conjunto con los expertos.

La "explicabilidad", se abordará de manera básica a través de interfaces gráficas, como un puente entre el sistema y el usuario final, para su manipulación y uso. Además, se propone presentar el origen de la similitud que genera la recomendación, bajo una presentación de información esquemática con un nivel de detalle único (basado en la base de casos históricos) de tipo proactivo, dado que se presentará de manera automática al usuario, sin que éste lo solicite. Lo anterior con la finalidad de abonar a la comprensión del resultado y la mejora en la confianza.

Se propone también la combinación de formatos de visualización con el lenguaje natural, para presentar las premisas de adaptación y las buenas prácticas recomendadas para cada paciente en particular, según sus características.

### CAPÍTULO 3. Diseño del sistema RBC propuesto

Aplicando el vecino más cercano para el cálculo de la similitud global y la distancia euclidiana para la similitud de cada atributo, se definió la primera aproximación al diseño del recomendador de fisioterapia pulmonar implementando el razonamiento basado en casos. Para ello se ejecutaron los siguientes pasos, cuyos resultados se

incluyen en el presente capítulo:

- Se diseñó la estructura que guarda la base de conocimientos (casos).
- Se implementó un primer prototipo para la verificación de fiabilidad.
- Se identificaron las mejoras para al prototipo el sistema, en preparación para la validación.

### 3.1 Estructura de la base de conocimiento

Para determinar la estructura de los casos clínicos resueltos que integrarán la base de conocimiento a utilizar por el RBC, se han analizado las guías clínicas referentes para establecer las principales características de un caso EPOC, por medio de una matriz de extracción y clasificación de constructos, y con la revisión por un especialista. Posteriormente, se ha validado y ajustado la estructura de casos y la ponderación de las características, por un grupo experto a través de cuestionarios dirigidos.

#### 3.1.1 Características preliminares de un caso EPOC

Con base al análisis de las guías definidas en el apartado 1.9.1 del presente trabajo, se extrajeron 92 características para definir un caso clínico completo de EPOC, mediante una matriz de extracción (Apéndice B). Estas características se agruparon originalmente en las siguientes categorías: caracterización del paciente, factores de riesgo, factores genéticos, elementos de diagnóstico y esquema de tratamiento. Posteriormente, en conjunto con la especialista, se seleccionaron sólo aquellas características determinantes en la prescripción de fisioterapia pulmonar, quedando

83

un total de 35 características agrupadas en seis categorías que definen un caso, cinco categorías para describir el caso y una para la solución (Tabla 22).

Tabla 22. Características preliminares de un caso EPOC, derivadas de las guías clínicas.

Categoría

Descripción

Características

CASO

Demografía

Información  
personal relevante  
y específica del  
paciente.

Edad

Género

Ocupación

Lugar de residencia

Nivel socioeconómico

Nivel de estudios



Síntomas

Manifestación observable que revela la presencia del padecimiento.

Disnea  
Tos crónica  
Exacerbaciones  
Espujo  
Sibilancias  
Expectoración  
Pérdida de peso  
Limitación del ejercicio físico  
Infecciones del tracto respiratorio  
Opresión en el pecho

Factores de Riesgo (FR)

Condiciones que guarda el paciente y que favorecen el desarrollo del padecimiento.

Tuberculosis (TB)  
Asma

Diagnóstico

Resultados de la pruebas y estudios previos, que han determinado la presencia del padecimiento en el paciente.

Grado de presencia de la disnea  
Grado de fuerza muscular  
VEF1/CVF  
Oximetría  
Caminata de 6 minutos (C6M)  
Auscultación pulmonar (secreción)  
Índice de masa corporal

Tratamiento

Medios prescritos para la atención del padecimiento en el paciente.

Oxígeno suplementario  
Bullectomía  
Cirugía de reducción de volumen  
Trasplante pulmonar

SOLUCIÓN

FP  
(Fisioterapia  
Pulmonar)

Tratamiento físico  
que incluye un  
conjunto de  
técnicas cuyo  
objetivo es la  
prevención y  
corrección de las  
incapacidades  
consecuentes del  
padecimiento.

Duración

Tipo de aplicación

Técnicas aplicables:

Técnicas de higiene bronquial

Acondicionamiento-  
entrenamiento físico

Técnicas de favorecimiento el  
flujo espiratorio

Técnicas de reeducación  
respiratoria

84

### 3.1.2 Características finales ponderadas de un caso EPOC

Se integró un panel de 10 expertos con un promedio aproximado de 5 años de experiencia, conformado por:

- Siete fisioterapeutas.
- Un médico especialista en rehabilitación pulmonar.
- Un inhaloterapeuta.
- Un médico general en praxis de rehabilitación.

De estos especialistas, siete laboran en instituciones de salud pública y tres en el sector privado, donde ocho ejercen de manera independiente en adición. Las instituciones de origen son:

- Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER).
- Hospital H\*Querétaro.
- Hospital Ángeles Metropolitano.
- Smart Heart, Puebla.
- Centro de Atención Médica Expandida (CAME-Xalapa).
- Clínica EMET- Xalapa.

Para validar las características obtenidas a partir de las guías clínicas y evaluar su aplicabilidad en la prescripción de la fisioterapia pulmonar, se elaboró un cuestionario dirigido al panel experto (Apéndice C). Este instrumento aplica una escala bipolar del -2 al 2, a cada característica (Tabla 23).

Tabla 23. Escala bipolar aplicada en el primer cuestionario aplicado al panel experto.

- No aplica
- Poco probable
- Probable
- Muy probable
- Aplica
- 2
- 1
- 0
- 1
- 2

85

El cuestionario fue aplicado de manera digital a través de MS-Forms, sus resultados se presentan en el Apéndice D, incluyendo la evaluación de la escala por característica en el Apéndice E. Las sugerencias de inclusión, exclusión y adición, obtenidas desde el cuestionario por el panel experto y las proporcionadas por la especialista de seguimiento, determinaron los ajustes a las categorías y características preliminares, mismos que se detallan en la Tabla 24.

Tabla 24. Ajustes a categorías y características definidos por el panel experto y el especialista de seguimiento.

Categoría
Característica
Aplicabilidad
Resultado
Observaciones
Demográficas
Edad
8
Incluido
-
Género
0

Excluido

Peso

2

Incluido

Ocupación

-8

Excluido

Lugar de  
residencia

3

Excluido \*

Característica no  
significativa, ya que  
la terapia será  
dosificada de  
acuerdo con los  
signos clínicos del  
paciente.

Nivel  
socioeconómico

-1

Excluido

Nivel de  
estudios

-12

Excluido

Nivel de  
gravedad

-

-

Incluido \*

De acuerdo con el nivel de gravedad serán dosificados los ejercicios, cada nivel de gravedad requiere ejercicios diferentes.

Síntomas

Disnea

16

Incluido

Tos crónica

15

Incluido

Exacerbaciones

13

Incluido

Espujo

12

Incluido

Sibilancias

12

Incluido

Expectoración

11

Incluido

Pérdida de peso

6

Incluido

Limitación del  
ejercicio

15

Incluido

Infecciones en  
el tracto  
respiratorio

15

Incluido

86

Opresión en el  
pecho

12

Incluido

Fatiga

-

Incluido \*\*

Murmullo  
vesicular

-

Incluido \*

Nos indica que es  
seguro dar la  
fisioterapia  
pulmonar al  
paciente.

Roncus

-

Incluido \*

Indican  
acumulación de  
líquido en la zona  
alveolar, lo cual  
indicaría la  
inclusión de ciertos  
ejercicios.

Factores de  
Riesgo

Tuberculosis  
(TB)

6

Incluido

Asma

5

Incluido

Cardiopatías

-

Incluido \*\*

Diagnóstico

Disnea escala  
de Borg

16

Incluido

Disnea escala  
mMCR

12

Incluido

1RM (Fuerza)

muscular)

12

Incluido

VEF1/CVF

15

Incluido

Oximetría

18

Incluido

C6M

17

Incluido

Índice de Masa  
Corporal

10

Excluido \*

La indicación de los  
ejercicios estará  
dada por los  
resultados de la  
valoración  
funcional del  
paciente.

Auscultación  
pulmonar  
(secreción)

14

Incluido

VEF1

-

Incluido \*\*



Tratamiento

Oxígeno  
suplementario

15

Incluido

Bullectomía

12

Incluido

Cirugía de  
reducción de  
volumen

11

Incluido

Trasplante  
pulmonar

8

Incluido

Fisioterapia

Duración: 1 hora

2

Excluido\*

La recomendación  
de la fisioterapia  
pulmonar será

Duración: 2  
horas

-8

Excluido

87

Condiciones  
generales de la  
fisioterapia

Duración a largo  
plazo: 6-12  
semanas

13

Excluido\*

totalmente  
personalizada. Por  
lo cual se eliminan  
estas  
características de  
la solución del  
caso, dejando  
únicamente de  
forma descriptora  
aquéllas con mayor  
puntuación en la  
interfaz gráfica.

Tipo de  
aplicación:  
personalizada

18

Excluido\*

Tipo de  
aplicación:  
grupal

-4

Excluido

Fisioterapia

Acondiciona-  
miento -  
Entrenamiento  
Físico

Entrenamiento  
de resistencia  
(MsSs y MsIs)

13

Incluido

Ejercicio  
aeróbico

17

Incluido

Flexibilidad

14

Incluido

Estimulación  
eléctrica  
neuromuscular

6

Excluido\*

Para el  
fortalecimiento  
muscular del  
paciente serán  
recomendados  
ejercicios de  
resistencia.

Movilización de  
miembros  
superiores e  
inferiores (MsSs  
y Msls)

16

Incluido

Fisioterapia

Técnicas de  
higiene  
bronquial

Técnicas que  
utilizan ondas  
de choque

- Vibración  
manual

9

Incluido

Técnicas que  
utilizan el efecto  
de la gravedad -  
Drenaje postural

8

Incluido

Técnica de tos -  
Tos dirigida  
(TD)

16

Incluido

Espiración lenta  
total a glotis  
abierta en  
lateralización  
(ELTGOL)

13

Incluido

Técnicas de  
espiración  
forzada (TEF)

11

Incluido

88

Ciclo activo  
respiratorio  
(CAR)

13

Incluido

Fluter VRP1 o  
Cornet.

6

Excluido\*

Se busca que el  
paciente tenga  
mayor  
accesibilidad a la  
Fisioterapia  
Pulmonar, y el uso  
de estos  
dispositivos  
incrementaría los  
costos.

Fisioterapia

Técnicas de  
reeducación  
respiratoria

Patrón  
respiratorio  
costobasal

13

Incluido

Patrón  
respiratorio  
diafragmático

17

Incluido

Fisioterapia

Técnicas que  
favorecen el  
flujo espiratorio

Aumento del  
flujo espiratorio

14

Incluido

Con máscaras  
de presión  
positiva

7

Excluido\*

De igual forma,  
dado su precio y  
accesibilidad se  
excluye, para  
otorgar mayor  
accesibilidad a los  
pacientes. (Muy  
poco usado)

ELP/TLF

16

Incluido

Otras  
intervenciones

Técnicas de  
relajación

-

Incluido \*\*

Técnicas de  
ahorro de  
energía

-

Incluido \*\*

\* Incluido/Excluido a sugerencia del experto de seguimiento.

\*\* Incluido a sugerencia del panel experto.

Con base a lo anterior, se ejecutó una segunda ronda de consulta al panel experto, con los siguientes objetivos:

- Validar la inclusión de nuevos conceptos.
- Validar la exclusión de conceptos, sugerida por el especialista de seguimiento.
- Definir los pesos ponderados por categoría y características.

Para lo anterior se diseñó el segundo cuestionario (Apéndice F), también aplicado a través de MS-Forms invitando nuevamente al panel experto, de los cuales sus resultados se encuentran en el Apéndice G, cuyo procesamiento se muestra en el Apéndice H. A esta invitación, respondieron 5 de los integrantes del panel.

Finalmente, la estructura que define la descripción y solución de un caso de EPOC, queda como se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25. Características descriptoras ponderadas, de un caso EPOC.

Categoría

PESO

Descripción

Características

PESO

Demografía

8%

Información personal  
relevante y específica  
del paciente.

Edad\*

6%

Peso

1%

Ocupación

1%

Nivel socioeconómico

1%

Nivel de  
gravedad\*

18%

Nivel de gravedad del  
paciente en su EPOC

-

18%

Síntomas

19%

Manifestación observable que revela la presencia del padecimiento.

Disnea

2%

Tos crónica

2%

Exacerbaciones

1%

Espujo

1%

Roncus

2%

Sibilancias

1%

Expectoración

1%

Pérdida de peso

1%

Limitación del ejercicio físico

2%

Infecciones del tracto respiratorio

2%

Opresión en el pecho

1%

Fatiga

2%

Factores de Riesgo

18%

Condiciones que guarda el paciente y



que favorecen el desarrollo del padecimiento.

Tuberculosis (TB)

4%

Asma

3%

Cardiopatías

11%

Diagnóstico

19%

Resultados de la pruebas y estudios previos, que han determinado la presencia del padecimiento en el paciente.

Disnea escala de BORG\*\*

2%

Disnea escala MMRC\*\*

2%

VEF1\*

3%

VEF1/CVF \*

2%

1RM

2%

Oximetría\*

2%

Caminata de 6 minutos (C6M)

2%

Auscultación pulmonar

2%

IMC\*

1%

90

Tratamiento

18%

Medios prescritos para la atención del padecimiento en el paciente.

Oxígeno suplementario

6%

Bullectomía

5%

Cirugía de reducción de volumen

4%

Trasplante pulmonar

3%

Fisioterapia Pulmonar

NA

Tratamiento físico que incluye un conjunto de técnicas cuyo objetivo es la prevención y corrección de las incapacidades consecuentes del padecimiento.

Ejercicios:

- Técnicas de higiene bronquial
- Acondicionamiento-entrenamiento físico
- Técnicas que favorezcan el flujo espiratorio
- Técnicas de reeducación respiratoria
- Otros

NA

SUMA

100%

SUMA

100%

\*Campos obligatorios

\*\*Campo obligatorio condicional, únicamente si se tiene el síntoma de disnea presente.

El modelado de la base de datos que implementa la estructura obtenida para los casos, se presenta en la Figura 4.

Figura 4. Modelo Entidad-Relación que implementa la estructura de los casos.

91

El modelo gira entorno de la entidad PACIENTE, el cual está definido por un Id, la edad, el peso, su ocupación y el nivel socioeconómico. El PACIENTE puede tener una CLASIFICACIÓN asignada identificada por su Id y valor, correspondiente a la gravedad del EPOC, esta CLASIFICACIÓN puede estar asociada a muchos pacientes. El PACIENTE puede tener asignada una lista de SÍNTOMAS, y estos SÍNTOMAS corresponden a un PACIENTE. Los SÍNTOMAS se identifican por un Id, y pueden ser, Disnea, Tos, Exacerbaciones, Espujo, Sibilancias, Roncus, Expectoración, Pérdida Peso, Limitación del Ejercicio, Infecciones, Opresión en Pecho y Fatiga. El FACTOR está asociado a un PACIENTE y un PACIENTE puede tener un FACTOR, la entidad Factor está compuesta por un Id, que define la presencia de Tuberculosis, Asma y Cardiopatías. Un PACIENTE tiene asociado un DIAGNÓSTICO y este DIAGNÓSTICO se relaciona con un PACIENTE, la entidad Diagnóstico está conformada por un Id, e integra los valores clínicos relativos a la DisneaBorg, DisneaMMRC, VEF1, 1RM, VEF1CVF, Oximetría, C6M, Auscultación Pulmonar e IMC. Así mismo, la entidad TRATAMIENTO está asociada a un PACIENTE y un PACIENTE a un TRATAMIENTO. El TRATAMIENTO está definido por el Id, pudiendo incluir, Oxígeno, Bullectomía, Cirugía y Trasplante. Finalmente, el PACIENTE tiene asociada una REHABILITACIÓN y esta Rehabilitación pertenece a un PACIENTE. La REHABILITACIÓN puede considerar múltiples EJERCICIOS y los EJERCICIOS pueden estar asociados a múltiples esuemas de REHABILITACIÓN, el EJERCICIO está compuesto por un Id, incluyendo, Nombre, Descripción y Tipo.

Esta estructura fue implementada en MaríaDB, como se presenta en el modelo relacional de la Figura 5.

92

### 3.2 Primer prototipo del sistema carEPOC

#### 3.2.1 Arquitectura implementada

En esta sección se muestra la arquitectura del sistema carEPOC (véase la Figura 6), la cual se compone de cinco capas principales: de software, de acceso a los datos, de jCOLIBRI, de la aplicación y de presentación. A continuación, se explica cada una de ellas:

93

- Capa de software del sistema: En esta capa se encuentra el software necesario para el correcto funcionamiento de la aplicación, donde se ubica mariaDB como motor de la base de datos y Apache TomCatV9.0 para el servidor de la aplicación.
- Capa de acceso a los datos: La segunda capa de la arquitectura, corresponde a la base de datos relacional que contiene toda la información que el sistema estará utilizando, esto es, la base de conocimientos.
- Capa de jCOLIBRI: Esta capa es la encargada de ejecutar la aplicación del razonador utilizando jCOLIBRI, se indica la base de casos que de manera temporal se almacena en memoria, las librerías y funciones que implementa, las interfaces encargadas del procesamiento de la recomendación, y el sistema RBC, la cual ejecuta la lógica de negocio con sus tres métodos principales, preCiclo(), Ciclo() y postCiclo().
- Capa de aplicación: En esta capa, se realizan los procesos del sistema carEPOC, donde se tiene el modelo compuesto de los Java Bean correspondientes a cada entidad de la base de datos, los DAO, encargados de la lógica de negocio de los datos que separa la lógica, de la aplicación. Y el controlador, en este se encuentran los Java Servlet, encargados de crear una comunicación entre los DAO y la capa de presentación.
- Capa de presentación: En esta capa, se integran los elementos que permiten al usuario interactuar con el sistema, compuestos por las páginas JSP que obtienen y envían información a los servlet

94

Figura 6. Arquitectura del sistema carEPOC.

#### 3.2.2 Implementación en jCOLIBRI

Para la implementación del primer prototipo se ha utilizado el IDE Eclipse con la librería JCOLIBRI3 y el entorno de desarrollo de Java. JCOLIBRI cuenta con una interfaz gráfica (COLIBRI STUDIO) para facilitar el mapeo de clases, en este caso la estructura del caso quedó definida como se muestra en la Figura 7 y la estructura de la solución, como se presenta en la Figura 8.

Figura 7. Definición de la estructura del caso.

Figura 8. Definición de la solución del caso.

Con ayuda de la interfaz gráfica se creó el proyecto, así como también se importaron todos los JAR y bibliotecas relacionadas y necesarias para su funcionamiento.

Como ya se comentó, JCOLIBRI implementa tres métodos principales: `preCycle()`, `cycle()`, `postCycle()`, en los que se divide el ciclo de vida de la aplicación.

El `preCycle()` (Figura 9) es el encargado de inicializar los métodos y atributos necesarios, definiendo primeramente la configuración de la conexión a la base de conocimiento mediante un archivo de configuración, recordando que jCOLIBRI trabaja con Hibernate para el manejo de base de datos relacionales. A su vez, se configura la gestión de los casos para organizarlos una vez cargados en memoria, en este caso el framework selecciona por default la organización lineal de los casos.

Figura 9. Implementación del `preCycle`.

El `cycle()` (Figura 10) se encarga de ejecutar el proceso del RBC, empezando por la configuración del vecino más cercano mediante la obtención de los pesos otorgados a cada característica asociada en la descripción del caso. Se ejecuta el método de `NNScoringMethod()` que recibe los casos ya en memoria, el nuevo caso

ingresado y la configuración del vecino más cercano, para obtener el caso más similar.

Figura 10. Implementación del `Cycle`.

jCOLIBRI implementa para la configuración del vecino más cercano, distintas funciones de similitud local para comparar los valores de cada atributo, en este trabajo se han empleado las funciones `Equal()`, donde el valor de cada atributo debe coincidir exactamente, e `Interval()`, donde el valor del atributo debe coincidir con el valor dentro de ese intervalo. La configuración de los pesos fue definida como se muestra en la Figura 11 (fragmento de código).

Figura 11. Implementación de la configuración de pesos (segmento ilustrativo).

El `postCycle()` (Figura 12) se encarga de las ejecuciones necesarias para la post ejecución o mantenimiento de ser necesario. En este caso el `postCycle()` se encarga de cerrar la conexión a la base de datos.

Figura 12. Implementación del `postCycle`.

En la Figura 13, se muestra la secuencia principal que ejecuta los métodos anteriormente mencionados, recibiendo como parámetro de entrada la descripción de un Paciente.

Figura 13. Método principal para obtener una recomendación.

Con esta implementación directa en `JCOLIBRÍ`, se ejecutaron algunas pruebas para depurar la correcta configuración. Una vez constatada la funcionalidad, se elaboró la interfaz web que completa el primer prototipo.

### 3.3 Verificación del primer prototipo

Para determinar la fiabilidad de la recomendación, así como definir las premisas de ajuste y buena práctica, se ha llevado a cabo una prueba con enfoque cualitativo y el apoyo de la especialista de seguimiento. A continuación, se presentan los resultados.

#### 3.3.1 Diseño de prueba con enfoque cualitativo

Para efectos de evaluar la fiabilidad del RBC, se definió una prueba en un conjunto limitado a siete casos resueltos revisados por la especialista de seguimiento (Tabla 26). De estos casos, cuatro se tomaron como la base de conocimiento y tres se sometieron como casos de prueba (marcados con asterisco), con la finalidad de verificar la fiabilidad del proceso de recomendación seguido por el sistema. Los casos para probar se seleccionaron en el cuidado de que existiera antecedente para la recomendación.

Tabla 26. Casos aplicados a la prueba cualitativa (Grupo de EPOC de la Fundación Española de Medicina Interna, 2018).

\* Casos elegidos como casos prueba.

Las métricas de `PRESICION` y `RECALL` (precisión y exhaustividad), se aplicaron por cada categoría componente de la terapia recomendada. Esta segmentación responde a la necesidad de observar de manera analítica la fiabilidad de los casos que el RBC selecciona para recomendar.

Gravedad EPOC

#

Edad

Peso

Ocupación

Nivel  
socioeconómico

Leve,  
moderado,  
grave, muy  
grave

Disnea (BORG)

Disnea (MMRC)

FEV1 %

VEF1/CVF

Oximetría

C6M

Auscultación  
pulmonar

IMC

1RM

Disnea

Tos crónica

Exacerbaciones

Espujo

Roncus

Sibilancias

Expectoración

Pérdida de peso

Limitación del  
ejercicio

Infecciones del  
tracto  
respiratorio

Opresión en el  
pecho

Fatiga

Tuberculosis  
(TB)

Asma

Cardiopatías

Oxígeno  
suplementario

Bullectomía

Cirugía de  
reducción de  
volumen

Transplante  
pulmonar

1\* 54 Grave 430 SI SI SI SI SI SI SI

2\* 77 Grave 246 38 70 SI SI SI SI SI SI SI

371 Grave 34 88 SI SI SI SI

472 495 SI 33 SI SI SI SI SI SI SI

584 Muy grave 27 89 SI SI SI SI SI SI SI

682 Grave 45 46 84 SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI

7\* 90 70 91 SI SI SI SI SI SI SI

Características

Demográfico

Diagnóstico

Síntomas

Factores R.

Tratamiento

100

### 3.3.2 Resultados de las pruebas con enfoque cualitativo

Utilizando la interfaz web se ejecutaron las tres pruebas planificadas, los resultados de la recomendación se presentan en la Tabla 27, indicándose en color amarillo el nuevo caso a prescribir y en blanco el caso seleccionado a recomendar, seguido del valor obtenido de similitud calculado por el RBC.

Tabla 27. Resultados del cálculo de similitud en la prueba de fiabilidad bajo enfoque cualitativo.

La configuración de la fisioterapia recomendada que se encuentra documentada en los casos de prueba utilizados, misma que se presenta en la Tabla



28, y que han sido comparados para el cálculo de las métricas por categoría de ejercicio, con base a la matriz de confusión.

Tabla 28. Resultados de la fisioterapia recomendada en la prueba cualitativa.

Gravedad EPOC

#

Edad

Peso

Ocupación

Nivel socioeconómico

Leve, moderado, grave, muy grave

Disnea (BORG)

Disnea (MMRC)

FEV1 %

VEF1/CVF

Oximetría

C6M

Auscultación pulmonar

IMC

1RM

Disnea

Tos crónica

Exacerbaciones

Esputo

Roncus

Sibilancias

Expectoración

Pérdida de peso

Limitación del ejercicio

Infecciones del tracto respiratorio

Opresión en el pecho

Fatiga

Tuberculosis (TB)

Asma

Cardiopatías

Oxígeno suplementario

Bullectomía

Cirugía de reducción de volumen

Transplante pulmonar

1

54 Grave SI 430 SI SI SI SI SI SI SI

5

84 Muy grave SI 227 89 SI SI SI SI SI 2

2

77 Grave SI 46 38 70 SI SI SI SI SI SI SI

6

82 Grave SI 45 46 84 SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI

7

90 SI 70 91 SI SI SI SI SI 2

6

82 Grave SI 45 46 84 SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI

0.848909

0.7743344

0.6515464

Factores R.

Tratamiento

GRADO DE SIMILITUD

Características

Demográfico

Diagnóstico

## Síntomas

#

1. Entrenamiento de resistencia (MsSs y Msls)
2. Ejercicio aeróbico
3. Flexibilidad
4. Movilización de miembros superiores e inferiores (MsSs y Msls)

1. Técnicas que utilizan ondas de choque - Vibración manual

2. Técnicas que utilizan el efecto de la gravedad - Drenaje postural

3. Técnica de tos - Tos dirigida (TD)

4. Espiración lenta total a glotis abierta en lateralización (ELTGOL)

5. Técnicas de espiración forzada (TEF)

6. Ciclo activo respiratorio (CAR)

1. Patrón respiratorio costobasal

2. Patrón respiratorio diafragmático

1. Aumento del flujo espiratorio (AFE)

3. ELP/TLF

Ejercicios de relajación

Técnicas de ahorro de energía

1 X X X X X X X X X X

5 X X X X X X X

2 X X X X X X X X

6 X X X X X X X

7 X X X X X X X X

6 X X X X X X X

Acondicionamiento - entrenamiento físico

Técnicas de Higiene bronquial

Técnicas de reeducación respiratoria

Técnicas que favorezcan el flujo espiratorio

Otros

Fisioterapia Recomendada

101

### 3.3.3 Análisis de resultados de la prueba con enfoque cualitativo

La información resultante de la prueba con enfoque cualitativo (Tablas 25 y 26), se procesó para calcular las métricas previstas, obteniéndose los valores que se presentan en las Tablas de la 29 a la 34.

Tabla 29. Resultados de las métricas globales.

Tabla 30. Resultados de las métricas para el acondicionamiento-entrenamiento físico.

GLOBAL

#

TP

TN

FP

FN

PRECISIÓN

RECALL

1

6

6

1

3

86%

67%

2

7

8

0

1

100%

88%

7

5

6

2

3

71%

63%

ACONDICIONAMIENTO FÍSICO

#

TP

TN

FP

FN

PRECISIÓN

RECALL

1

0

3

0

1

-

-

2

1

3

0

0

100%

100%

7

0

3

1

0

-

-

Tabla 31. Resultados de las métricas para las técnicas de higiene bronquial.

Tabla 32. Resultados de las métricas para las técnicas de reeducación respiratoria.

# TÉCNICAS DE HIGIENE BRONQUIAL

#

TP

TN

FP

FN

PRECISIÓN

RECALL

1

3

2

1

0

75%

100%

2

2

3

0

1

100%

67%

7

1

2

1

2

50%

33%

TÉCNICAS DE REEDUCACIÓN  
RESPIRATORIA

#

TP

TN

FP

FN

PRECISIÓN

RECALL

1

2

0

0

0

100%

100%

2

2

0

0

0

100%

100%

7

2

0

0

0

100%

100%

Tabla 33. Resultados de las métricas para las técnicas que favorecen el flujo espiratorio.



Tabla 34. Resultados de las métricas de la categoría "otros".

TÉCNICAS QUE FAVORECEN EL FLUJO ESPIRATORIO

#

TP

TN

FP

FN

PRECISIÓN

RECALL

1

1

1

0

0

100%

100%

2

1

1

0

0

100%

100%

7

1

1

0

0

100%

100%

OTROS

#

TP

TN

FP

FN

PRECISIÓN

RECALL

1

0

0

0

2

-

0%

2

1

1

0

0

100%

100%

7

1

0

0

1

100%

50%

Las métricas, fueron explicadas y analizadas en conjunto con la especialista de seguimiento, las observaciones resultantes fueron las que se presentan a continuación.

Análisis de la prescripción en Acondicionamiento Físico:

- La dosificación de los ejercicios de acondicionamiento físico guarda una fuerte dependencia sobre los factores de riesgo del paciente. Entre más factores presentes, son menos recomendables.
- En pacientes con presencia de infecciones en curso del tracto respiratorio, se deberá contar con la validación del médico de cabecera, para llevar a cabo el acondicionamiento físico.
- Es importante tomar en cuenta la edad, ya que en una edad avanzada también estarán menos indicados los ejercicios de acondicionamiento físico.

Análisis de la prescripción de Técnicas de Higiene Bronquial:

- Para las técnicas de higiene bronquial los resultados son aceptados, ya que en general es asertivo, sin embargo, en el caso siete, el resultado es bajo, ya que la edad avanzada de 92 años es un valor atípico.
- En pacientes de edad avanzada, el CAR no es recomendado, siendo remplazado por las técnicas de vibración manual, ya que éstas forman parte de la rehabilitación pasiva que va acompañada del fisioterapeuta.

Análisis de la prescripción de Técnicas de Reeducción Respiratoria:

- Las técnicas de reeducación respiratoria son la base del tratamiento, por lo cual es recomendable que todo paciente que inicie su programa de fisioterapia pulmonar las incluya, para posteriormente, continuar con las demás técnicas.

Análisis de la prescripción de Técnicas que Favorecen el Flujo Espiratorio:

- En el caso de las técnicas que favorecen el flujo espiratorio, se tuvo una alta precisión en todos los casos, lo cual hace que sea una correcta recomendación de ejercicios.

Análisis de la prescripción de Otros:

- Las técnicas de ahorro de energía son prescritas para pacientes con un alto grado de disnea, ya que estos ejercicios buscan disminuir dicho síntoma, ningún caso de la base de conocimientos tenía un grado alto, por lo cual, no fue muy recomendado, sin embargo, no afecta la prescripción dada, así que, los resultados son aceptables.

### 3.3.4 Premisas para adaptación de recomendaciones y buenas prácticas

Considerando el arranque en frío y con la finalidad de fortalecer la praxis adecuada, se hace necesario integrar las premisas de adaptación y buenas prácticas (Tabla 35) definidas en conjunto con la especialista de seguimiento, con el objetivo de identificar condiciones o criterios específicos que, al presentarse, dispararían sugerencias a tomar en cuenta en la prescripción e incluso en su ejecución. Estas condiciones o criterios son independientes de las demás características del paciente.

Tabla 35. Premisas de adaptación y buenas prácticas.

#

#### Premisas de adaptación y buenas prácticas

PA1

El paciente presenta como factor de riesgo asma y síntoma de las sibilancias, se anula la prescripción de ejercicios.

PA2

El paciente presenta como factor de riesgo cardiopatías, y no se encuentra controlado, se anula la prescripción de ejercicios. Se recomienda monitorear presión arterial y frecuencia cardíaca.

PA3

El paciente presenta riesgo de caídas, se recomienda la supervisión de ejercicios. Se complican los ejercicios aeróbicos.

104

PA4

El paciente presenta como tratamiento el oxígeno suplementario, se recomienda la monitorización del oxígeno durante el ejercicio, con posibilidad de aumento en el flujo de oxígeno dispensado.

PA5

El paciente presenta como factor de riesgo la ansiedad, se prescriben ejercicios de relajación y se recomienda que se encuentren controlados.

PA6

En todos los casos, se recomienda durante la ejecución de la terapia, monitorear al paciente mediante la escala de Borg, y que los resultados no pasen el grado 4.

PA7

En todos los casos, se recomienda monitorear constantemente los niveles de saturación de oxígeno, que no lleguen a ser menores de 90%.

PA8

El paciente presenta infecciones en el tracto respiratorio, se anula la prescripción de todos los ejercicios, quedando únicamente ejercicios respiratorios.

PA9

El paciente presenta algún tratamiento (Bullectomía, cirugía de reducción de volumen, trasplante pulmonar), el paciente debió ser referido/autorizado por su médico para realizar la fisioterapia pulmonar.

PA10

El paciente presenta opresión en el pecho, se recomienda descartar una enfermedad cardíaca.

PA11

El paciente es adulto mayor, y presenta Alzheimer o demencia, se recomienda la supervisión de ejercicios.

PA12

El paciente presenta exacerbaciones, el paciente debió ser autorizado por su médico.

### 3.3.5 Mejoras de la interfaz del primer prototipo web

El proyecto de desarrollo tecnológico tiene como principal objetivo de negocio apoyar a los fisioterapeutas pulmonares a la toma de decisiones para la prescripción en pacientes con EPOC. Por lo que, el objetivo general del sistema que hemos llamado carEPOC, es:

Ser una herramienta auxiliar automatizada de apoyo a la prescripción de fisioterapia pulmonar para pacientes con EPOC, consistente en una plataforma web que permita administrar y realimentar casos, y que, empleando técnicas de inteligencia artificial, recomiende una prescripción basada en soluciones pasadas exitosas.

Los objetivos específicos de carEPOC en su primera versión, son:

105

- OE1. Almacenar casos históricos resueltos y permitir el almacenamiento de nuevos casos exitosos, incluyendo la fisioterapia recomendada, ajustada y aprobada.
- OE2. Generar una recomendación de fisioterapia pulmonar mediante el uso del RBC, a partir de las características del caso de un paciente.
- OE3. Brindar seguridad a la información mediante el acceso restringido al sistema.
- OE4. Brindar confiabilidad a las recomendaciones sujetándolas al criterio del experto humano, permitiéndole su modificación en caso de ser necesario e incluso ignorar la recomendación.

Por lo que el concepto general del sistema es el plasmado en el diagrama de

contexto (DFD-Nivel 0) en la Figura 14, donde el sistema está representado por el círculo azul, mientras que la entidad que interactúa con el sistema (el Especialista en Fisioterapia Pulmonar), está representado por el rectángulo verde. La base de casos (Conocimiento) se representa por dos líneas paralelas y las flechas simbolizan la transferencia de información.

La primera información otorgada al sistema es el Usuario y Contraseña (1) para permitir el acceso al mismo. Posteriormente, el usuario puede ingresar un nuevo caso histórico al sistema (2a) y también consultar todos los casos históricos almacenados (2b) previamente. De igual forma, el usuario puede ingresar un nuevo caso (3a) para obtener una prescripción de fisioterapia pulmonar (3b), esta prescripción puede ser ajustada (3c) y finalmente la prescripción puede ser almacenada para re-alimentar la base de casos (4a).

106

Figura 14. Diagrama de contexto del sistema carEPOC.

Se han definido los requisitos funcionales para el prototipo que dan cumplimiento a los objetivos específicos del sistema (Tabla 36).

Tabla 36. Requisitos funcionales de carEPOC.

Objetivo  
específico

Clave del  
requisito

Descripción del requisito

OE3

R01

carEPOC permitirá al especialista ingresar al sistema por medio de un usuario y una palabra clave.

OE1

R02

carEPOC permitirá al especialista registrar casos históricos referentes, ingresando: datos generales, diagnóstico, síntomas, factores de riesgo y tratamiento, y, fisioterapia aplicada.

OE1

R03

carEPOC permitirá al especialista consultar la base de conocimiento de los casos,

mostrando: fecha y hora de registro del caso, datos generales, diagnóstico, síntomas, factores de riesgo y tratamiento, y, fisioterapia aplicada.

OE1

R04

carEPOC permitirá al especialista eliminar un caso de la base de conocimiento.

OE1

R05

carEPOC permitirá al especialista generar un reporte de la base de conocimiento.

OE2

R06

carEPOC permitirá al especialista generar una recomendación, ingresando: datos generales, diagnóstico, síntomas y factores

107

de riesgo y tratamiento, mostrando la terapia recomendada, el grado de similitud, el caso referente y las premisas de ajuste y buenas prácticas.

OE2

R07

carEPOC permitirá al especialista consultar la descripción detallada de las técnicas recomendadas.

OE4

R08

carEPOC permitirá al especialista ajustar la recomendación.

OE4

R09

carEPOC permitirá al especialista ignorar la recomendación.

OE1

R10

carEPOC permitirá al especialista, registrar el nuevo caso como un caso de experiencia.

Para el primer prototipo se han incluido los requisitos: R01, R02, R03, R06, R07 y R09. Quedando el diseño de la navegación como se muestra en la Figura 15.

Figura 15. Mapa de navegación de carEPOC.

En cuanto a la mejora de la interfaz de usuario, se partió de un primer diseño (Figuras 16 a la 19) y se mejoró en un segundo diseño (Figuras 20 a la 25), tomándose en cuenta diversos aspectos tales como: tipografía, colores, imágenes, control, estética y claridad, con el apoyo de la retroalimentación de la especialista

108

de seguimiento. En las interfaces se puede observar el cambio de nombre del sistema, el cual finalmente se ha definido como carEPOC.

Figura 16. Pantalla de inicio inicial.

Figura 17. Pantalla de casos históricos inicial.

109

Figura 18. Formulario para obtener una nueva recomendación inicial.

Figura 19. Pantalla que muestra los resultados obtenidos, inicial.



110

Figura 20. Pantalla de inicio de sesión (P01).

Figura 21. Pantalla de inicio final (P02).

111

Figura 22. Pantalla de inicio final (P03).

Figura 23. Pantalla de casos históricos final (P04).

112

Figura 24. Formulario para obtener una nueva recomendación final (P05).

Figura 25. Pantalla que muestra los resultados obtenidos, final (P06).

Después de la revisión del prototipo web, se identificaron las siguientes mejoras a implementar previo a la prueba cuantitativa:

- Agregar información del proyecto a la interfaz.

113

- Definir datos mínimos requeridos para generar una recomendación.
- Incluir la generación de reportes para que el personal de salud los pueda descargar.

- Incluir la posibilidad de modificar la recomendación y retroalimentar el sistema.

En las próximas versiones de la interfaz gráfica se abarcarán completamente los requerimientos R01 a R10, lo cual se verá reflejado en un cambio en la interfaz y en la navegación.

114

## CAPÍTULO 4. Validación del sistema RBC propuesto

Una vez realizada la prueba cualitativa al sistema recomendador de fisioterapias pulmonares para pacientes con EPOC, que permitió identificar la funcionalidad del mismo y las mejoras aplicables al primer prototipo, se procede a realizar una prueba con enfoque cuantitativo, para evaluar la calidad de la recomendación del RBC.

En este capítulo se presenta la implementación final del prototipo con base a las mejoras y la ejecución de la prueba con enfoque cuantitativo, el análisis de sus resultados y finalmente la discusión de estos.

### 4.1 Segundo prototipo del sistema carEPOC

En esta sección se presentan los artefactos de ingeniería del prototipo mejorado del sistema carEPOC, es conveniente aclarar que no es la finalidad de este proyecto lograr un sistema completamente terminado, pero sí conseguir un prototipo básico funcional, que facilite una primera prueba piloto posterior. Considerando un modelo evolutivo, como el más adecuado para el desarrollo de una tecnología innovadora, que permita lidiar con el riesgo y el descubrimiento del cliente y el producto.

#### 4.1.1 Árbol de características

El sistema carEPOC implementado en web, es el prototipo que incorpora el RBC propuesto, a través del cual, el usuario (en este caso un especialista de la salud), interactuará para obtener una recomendación. Este sistema debe incorporar diversas características para su correcto funcionamiento, mismas que han sido identificadas y se muestran en la Figura 26, donde se han organizado en árbol de características (Wieggers & Beatty, 2013), con el objetivo de comprender las funciones incluidas en el prototipo.

115

Figura 26. Árbol de características de carEPOC.

Se puede observar en el árbol de características (Figura 26), la rama principal que alude al sistema nombrado como carEPOC, las ramas secundarias representan las diferentes funciones dentro de éste, las cuales se explican a continuación:

- Nuevos casos: Representa el registro de casos históricos completos incluyendo la solución exitosa aplicada, donde se ingresan los datos demográficos, de

diagnóstico, los síntomas presentes, los factores de riesgo, el tratamiento actual, y la fisioterapia que fue aplicada al caso.

- Historial de casos: La primera rama se refiere a la consulta y bajas del historial de casos almacenados en el sistema, ya sean los casos ingresados manualmente al sistema, o bien los casos con nuevas recomendaciones obtenidas por el mismo, aceptados para su ingreso a la base de conocimiento. La segunda rama considera la generación de un reporte que muestra dichos casos.

116

- Recomendación: Consta de tres ramas secundarias, la primera se encarga de obtener una nueva recomendación teniendo como entrada los datos demográficos, de diagnóstico, los síntomas presentes, los factores de riesgo y tratamiento actual. La segunda es el registro de la nueva recomendación obtenida en la base de conocimiento, que también incluye de manera opcional el que dicha recomendación pueda ser ajustada o modificada. Finalmente, la tercera rama secundaria, contempla la generación de reportes de las éstas.

#### 4.1.2 Mapa de navegación

En la Figura 27, se muestra el mapa de navegación del prototipo final del sistema web carEPOC, presentándose las diferentes interfaces y señalándose en las flechas, el evento que ocasiona la transición entre ellas.

Figura 27. Mapa de navegación de carEPOC (segundo prototipo).

El flujo de carEPOC, comienza por el registro de inicio de sesión (P01), para que los especialistas puedan ingresar al sistema mediante su usuario y contraseña. Al permitirse el acceso, se presenta la página de inicio (P02), donde se muestra el menú con las diferentes acciones que se pueden realizar.

117

La primera opción es dar de alta un nuevo caso histórico que será almacenado de manera manual y directa en la base de conocimiento, esto se realiza en la página de alta de casos completos (P03). Una vez que los datos son ingresados y se oprime el botón guardar, son redirigidos a la página que muestra el historial de los casos guardados (P04), a esta página también se puede llegar desde el menú principal (P02), siendo la segunda opción. En el historial de casos guardados (P04) se muestran todos los casos históricos almacenados en la base de conocimientos donde con el botón para visualizar más información se puede ver la información completa del caso seleccionado (P04.1), así mismo con el botón de imprimir se puede generar un reporte PDF para descargar con los casos históricos (R01).

La tercera opción del menú permite obtener una nueva recomendación a través de la interfaz (P05), aquí el usuario podrá llenar el formulario y buscar una nueva recomendación, lo cual lo llevará a la página de resultados obtenidos (P06). En esta página se tienen dos opciones, modificar lo ingresado para el caso de requerir corrección, lo cual los llevará de vuelta a (P05), o bien ajustar la recomendación obtenida según lo considere el especialista con base a su

experiencia, esto se realiza en la misma página (P06).

Si el usuario indica que desea imprimir la recomendación final obtenida el sistema generará un PDF (R02) con la información visualizada en (P06). Finalmente, cuando el usuario indica guardar, el sistema lo llevará al historial de casos (P04) ó bien, pueden ignorar la recomendación, lo cual lo llevará a la página de inicio (P02).

#### 4.1.3 Interfaces de usuario del segundo prototipo

Las interfaces gráficas completas y finales de acuerdo a los requerimientos, características y navegación mostradas anteriormente para el segundo prototipo del sistema carEPOC, se presentan en las Figuras 28 a la 37.

118

Figura 28. Pantalla de inicio de sesión, final (P01).

Figura 29. Pantalla de inicio, final (P02).

119

Figura 30. Pantalla de registro para un nuevo caso, final (P03) 1/3.

Figura 31. Pantalla de registro para un nuevo caso, final (P03) 2/3.

120

Figura 32. Pantalla de registro para un nuevo caso, final (P03) 3/3.

Figura 33. Pantalla de casos históricos, final (P04).

121

Figura 34. Pantalla descripción de un caso, final (P04.1).

Figura 35. Reporte de casos históricos (R01).

122

Figura 36. Formulario para obtener una nueva recomendación, final (P05).

Figura 37. Pantalla que muestra los resultados obtenidos, final (P06) 1/2.

123

Figura 38. Pantalla que muestra los resultados obtenidos, final (P06) 2/2.

Figura 39. Pantalla que muestra la descripción de cada ejercicio, final (P06.1).

124

Figura 40. Reporte de recomendación obtenida (R02).

Con la finalidad de establecer los límites de evaluación para la aceptación y la definición de políticas de retención y rechazo de casos a la base conocimiento, se ha trabajado con el experto del dominio, para perfilar la efectividad aplicable al sistema.

La aceptación de un caso, es un concepto diferente al de política de retención y rechazo, la aceptación implica que el caso se considera valioso como base para el apoyo de una decisión de tipo clínica en la prescripción de la terapia. Y la política

125

de retención y rechazo, se refiere a las consideraciones que deberán aplicarse para incluir o no, el caso, como un caso nuevo que aporta conocimiento relevante para futuras prescripciones.

El criterio de aceptación para evaluar la efectividad del sistema, será el siguiente:

- Similitud mayor al 90% y menor de 99%: se acepta la solución al caso sin necesidad de ajuste.
- Similitud mayor de 80% y hasta 90%: se acepta la solución al caso con pequeñas modificaciones.
- Similitud mayor de 70% y hasta 80%: se acepta la solución al caso con modificaciones menores.

Cualquier caso con similitud entre 65% y 70%, se considera de una utilidad relativa, pues requerirá de manera obligatoria ajustes considerados mayores, aquéllos con similitud menor a 65% se consideran un caso nuevo que deberá ser prescrito totalmente por el especialista.

Las políticas de retención de casos son sumamente importantes en el proceso de retención del RBC, ya que permitirán la optimización de la base de datos y además el buen funcionamiento del sistema, minimizando el error en las soluciones. El proceso del RBC depende en gran parte de este paso, ya que en esta fase se discriminan aquellos elementos que no aportan nada nuevo a la base de conocimiento, permitiendo así, no guardar casos duplicados o soluciones erróneas y evitar que la información aumente sin utilidad, lo que podría tener un impacto en el rendimiento en función de la complejidad temporal relativa al tamaño de los datos.

Por esto, es necesario tener un filtrado de casos (políticas de retención), para guardar sólo aquéllos que aporten información nueva al sistema. Con base a esto,

126

las recomendaciones obtenidas para los nuevos casos estarán sujetas a su almacenamiento de acuerdo con las siguientes políticas:

Políticas de retención de casos y su solución:

- Similitud menor o igual a 70%: se almacenará en la base de conocimiento, pero con la prescripción realizada por el experto, como un nuevo dato histórico.

Políticas de rechazo de casos:

- Similitud mayor a 90%: no se permite almacenar en la base de conocimiento debido a que no representa información nueva.

En este caso particular se ha determinado un caso de excepción, por cualquier circunstancia que hubiere permitido el ingreso de un caso en estas condiciones, mismo que es:

Excepción:

- Para pacientes con EPOC grave o muy grave, con ejercicios aeróbicos y de resistencia recomendados: no se permite almacenar por el bien del paciente. Se recomienda ajuste y se excluirá de la retención.

## 4.2 Prueba experimental

Para evaluar la calidad de la recomendación del sistema RBC propuesto y analizar los resultados, se ha realizado esta segunda prueba con enfoque cuantitativo con un diseño experimental. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

127

### 4.2.1 Diseño experimental

Se llevarán a cabo cuatro experimentos, con la finalidad validar el sistema. Estas pruebas se realizarán considerando una base de 30 casos históricos, con diez repeticiones por experimento. Cada repetición refiere el ingreso de casos seleccionados de los cuales se cuenta con la solución conocida como exitosa. La definición de los experimentos es la siguiente:

- Experimento EXP1- Sin retroalimentación. Se ejecutan las pruebas de manera independiente, sin aceptar la solución para su ingreso a la base de datos de conocimiento.
- Experimento EXP2- Con retroalimentación y ajuste. Cada caso que es ejecutado y aceptado para su ingreso a la base de conocimiento, ajustándose la recomendación con base a la solución previamente conocida.
- Experimento EXP3- Con retroalimentación y sin ajuste. Cada caso que es ejecutado y aceptado para su ingreso a la base de conocimiento, con la recomendación recibida.
- Experimento EXP4- Sin retroalimentación con tratamiento de datos faltantes. Se ejecutan las pruebas de manera independiente, sin aceptar la solución para su ingreso a la base de datos de conocimiento, esta base de conocimiento ha sido tratada por el método de promedio para las características numéricas y moda para los valores discretizados con información escasa.

Las métricas por utilizar se han definido en el apartado de la metodología y para su obtención se hizo uso de la matriz de confusión para obtener las variables a medir. Los valores de la matriz se traducen de la siguiente manera para el caso de estudio:

- TP- POSITIVO (True Positive) - Lo recomienda el terapeuta y el RBC también.
- TN- NEGATIVO (True Negative) - No lo recomienda el terapeuta y el RBC tampoco.

- FP- FALSO POSITIVO (False Positive) - No lo recomienda el terapeuta y el RBC sí.
- FN- FALSO NEGATIVO (False Negative) - Lo recomienda el terapeuta y el RBC no.

#### 4.2.2 Base de conocimiento para la validación

Se ha realizado la recolección de 40 casos recuperados de distintas fuentes de información (Tabla 37), incluyendo los aportados por la especialista de seguimiento, quien también validó el conjunto completo.

Tabla 37. Origen del conjunto de casos para la evaluación.

Origen

Referencia

Id-Casos

Tesis

Domínguez Suárez, A. (2019). Caso clínico de intervención intrahospitalaria y ambulatoria en un paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

21

Libro de Casos  
Clínicos-  
Comunicaciones  
XIII REUNIÓN  
EPOC

Grupo de EPOC de la Fundación Española de Medicina Interna. (2018). Libro de Casos Clínicos-Comunicaciones XIII REUNIÓN EPOC. S&H Medical Science Service. ISBN: 978-84-09-00341-9

6, 25, 27,  
30, 36, 37,  
38, 40

CASO CLÍNICO  
3

Alonso, S. (2020). CASO CLÍNICO 3 Manejo de la disnea en un paciente con EPOC de alto riesgo no agudizador. Avances en Respiratorio.  
[https://www.avancesenrespiratorio.com/arxiu/imatges/butlleti/164\\_CC\\_3-IDENTIFICACION-PACIENTES-EPOC-Alonso\\_V4-0.pdf](https://www.avancesenrespiratorio.com/arxiu/imatges/butlleti/164_CC_3-IDENTIFICACION-PACIENTES-EPOC-Alonso_V4-0.pdf)

18

Departamento  
de Medicina |  
Universidad de



Granada

Elhadri, A., Bolívar, J., Caballero, A., Rodríguez, M., Anaya, R., Arnaiz, E., Amat, L., Almagro, J., Ahdani, M., Belmonte, F., García, J., Bernal, M., y Felices, P. (2020). PÓSTERES DE DISCUSIÓN: PACIENTE CON EPOC. Departamento de Medicina | Universidad de Granada. [https://departamentomedicina.ugr.es/pages/poster\\_discusion/1115](https://departamentomedicina.ugr.es/pages/poster_discusion/1115)

7

Conversatorio  
clínico

Sosa, H., Barrios, M., y Medina, F. (2013). Caso clínico 02-2013. Varón de 63 con tos, disnea, fiebre y lesiones pulmonares. Rev Med Hered, 24, 162-168.

16

RECCMI

López-García F. Varón de 70 años que ingresa por una exacerbación de EPOC. Rev Esp Casos Clin Med Intern (RECCMI). 2017 (Dic); 2(3): 155-157.

26

Ocronos

Salas, M. (2021, 21 octubre). Paciente ingresado en planta de neumología con diagnóstico: Exacerbación aguda de EPOC. Un caso clínico. Ocronos - Editorial

34

129

Científico-Técnica.  
<https://revistamedica.com/exacerbacion-epoc-caso-clinico/>

Casos clínicos  
EPOC

García-Cosío B., Peces-Barba, G., Pérez, L. A., Quintano, J. A., Serra, J., y Soler, J. J. (2012). Casos clínicos EPOC: según las nuevas guías. Barcelona Edikamed D.L.

5, 10, 13,  
14

EPOCSITE

2, 3, 4, 8, 9,  
15, 19, 20,  
22, 23

Experto en  
seguimiento

A. Hernández, comunicado personal, enero de 2022

1, 11, 12,  
17, 24, 28,  
29, 31, 32,  
33, 35, 39

De acuerdo con el estándar ISO/IEC 25012 y las métricas que nos proporciona el estándar ISO/IEC 25024, se calculó la calidad de la base de datos, con base a la siguiente ecuación general (Eq. 13).

$$X = A/B \text{ (13)}$$

Donde,

A: número de registros que tienen valores y/o formato que se ajustan a las normas, convenciones o reglamentos.

B: número o registros que deberán ajustarse a normas, convenciones o reglamentos debido a su valor.

De acuerdo con cada característica de calidad establecidas en el estándar, los valores de A y B cambiarán, en función de los parámetros que aplican a la base de datos a evaluar, en la Tabla 38, se muestra la descripción y valor de cada uno.

Tabla 38. Evaluación de la calidad de la base de conocimiento

Nombre

Descripción

Valor

AT

Atributos totales

1,320

ATC

Atributos totales con información

1,006

ATE

Atributos totales que cuentan con valores exactos

921

130

CT

Casos totales (Row)

40

CTA

Casos totales actualizados

35

ATOC

Atributos totales obligatorios que deberían contener información

240

ATO

Atributos que son obligatorios, y efectivamente cuentan con información

156

Los cálculos de las métricas por característica de calidad se muestran en la Tabla 39.

Tabla 39. Evaluación de la calidad de la base de conocimiento.

Característica

Ecuación de cálculo/parámetros involucrados

Resultado

Exactitud

$$X = ATC/AT = 1006/1320 = 0.76$$

76%

Completitud

$$X = ATO/ATOC = 156/240 = 0.65$$

65%

Consistencia

$$X = CT/CT = 40/40 = 1$$

100%

Credibilidad

$$X = \text{CT} / \text{CT} = 40 / 40 = 1$$

100%

Actualidad

$$X = \text{CTA} / \text{CT} = 35 / 40 = 0.87$$

87%

Accesibilidad

$$X = \text{CT} / \text{CT} = 40 / 40 = 1$$

100%

Conformidad

$$X = \text{CT} / \text{CT} = 40 / 40 = 1$$

100%

Confidencialidad

$$X = \text{CT} / \text{CT} = 40 / 40 = 1$$

100%

Eficiencia

N/A

N/A

Precisión

$$X = \text{ATE} / \text{AT} = 921 / 1320 = 0.69$$

69%

Trazabilidad

N/A

N/A

Comprensibilidad

$$X = \text{ATC} / \text{AT} = 1006 / 1320 = 0.76$$

76%

Disponibilidad

$$X = \text{CT} / \text{CT} = 40 / 40 = 1$$

100%

Portabilidad

100%

Recuperabilidad

N/A

N/A

Se observa que existe una exactitud del 76% de los datos, esto se debe a que los registros almacenados representan correctamente la información, sin embargo, existe un faltante en la misma. Respecto a la completitud y tomando en cuenta los atributos que son obligatorios para los casos (Edad, Gravedad, VEF1, VEF1/CVF, Oximetría y el IMC) se tiene un total del 65%. Se hace hincapié en este punto ya que existe un grado de incompletitud de los datos más importantes, esto

131

en un futuro se prevé mejore, debido a que serán atributos obligatorios para solicitar una recomendación.

La consistencia, credibilidad, accesibilidad, conformidad y confidencialidad se hace presente en todos los casos, por lo cual estas categorías están en un 100%.

Con respecto a la actualidad y tomando en cuenta que la mayoría de los casos recuperados fueron obtenidos de diversas fuentes de información, se escogieron como actuales aquellos casos documentados en un periodo de cinco años atrás (2017-2022), obteniéndose así un 87% de actualidad en los datos.

La eficiencia, la recuperabilidad y la trazabilidad, son características que no se han tomado en cuenta aún, debido a que el sistema se encuentra en fase de prototipo, esto deberá ser considerado en futuras actualizaciones.

La precisión fue de un 69%, siendo los datos que cumplen con esta característica únicamente los de las categorías de síntomas, factores de riesgo y tratamiento actual. Los datos demográficos, nivel de gravedad y diagnóstico cuentan con datos desconocidos, lo cual hace que no tengan valores exactos. Además, por motivos de implementación en jCOLIBRI los atributos de FEV1, VEF1/CVF, y Oximetría se han tomado en valores enteros, siendo que estos datos pueden contener decimales, por lo cual no cumplen con la presencia de valores exactos. Esto no afecta las recomendaciones, sin embargo, en un futuro es deseable contar con el dato exacto para mayor confianza.

Por último, la comprensibilidad se encuentra presente únicamente en los datos completos, debido a que los datos faltantes no tienen un valor que los represente, lo cual podría resultar confuso en el esquema. Los datos tienen un 76% de comprensibilidad.

Teniendo en cuenta que los datos de las fuentes encontradas, no se encontraban completos y dado que la reconstrucción de casos pasados es compleja, se decidió proceder a las pruebas teniendo el consentimiento de la especialista en seguimiento, quien considera que la información del diagnóstico y nivel de gravedad (categorías de mayor peso y relevancia en la recomendación) es adecuada y suficiente.

Además, teniendo en cuenta que, como base de conocimientos inicial los datos son suficientes, y que mientras el sistema este en uso y se alimente de nuevos casos, estos deberán cumplir con la información obligatoria y necesaria para generar una recomendación, lo cual, a la larga permitirá tener una base de datos más completa y con datos actuales. Este análisis permitió identificar la necesidad del uso de una técnica de reemplazo de valores vacíos para tener pruebas más sólidas, las cuales se ejecutaron más adelante.

Se utilizaron 30 casos para conformar la base de conocimiento (Tabla 40) y se reservaron diez casos para la repetición de experimentos. La elección ha considerado: los rangos de edades, los casos en los extremos e intermedios de rango, procurando una diversificación y quedando los casos de la Tabla 41.

133

Tabla 40. Casos destinados a la base de conocimiento.

NOTA: Las casillas vacías representan datos faltantes en los casos.

Tabla 41. Casos aplicados en la prueba cuantitativa.

NOTA: Las casillas vacías representan datos faltantes en los casos.

Gravedad EPOC

Edad

Peso

Ocupación

Nivel socioeconómico

Leve, moderado,  
grave, muy grave

Disnea (BORG)

Disnea (MMRC)

FEV1 %

VEF1/CVF <70% =  
obstrucción

Oximetría

C6M

Auscultación pulmonar

IMC

1RM

Disnea

Tos crónica

Exacerbaciones

Espujo

Roncus

Sibilancias

Expectoración

Pérdida de peso

Limitación del ejercicio

Infecciones del tracto  
respiratorio

Opresión en el pecho

Fatiga

Tuberculosis (TB)

Asma

Cardiopatías

Oxígeno  
suplementario

Bullectomía

Cirugía de reducción  
de volumen

Transplante pulmonar

Valor

Caso #

#

#

kg.

-0-10 0-4 %%% m SI-NO

kg/

m2

#SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO

SI-  
NO

SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO

239 195 NO SI SI NO NO NO NO SI NO NO SI SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO  
358 Moderado

167 62 NO SI SI NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO

654

Grave 430 NO SI SI SI SI NO NO SI NO SI SI NO NO NO NO NO SI NO NO NO

762 Moderado

78 62 95 NO SI NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO

8

64 Administrativo Moderado 2 56 NO SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO

9

66 74 Jubilado Moderado 1 60 96 SI 27 SI SI NO NO SI NO SI NO NO SI NO SI NO NO NO NO NO NO NO

10 67 Moderado 254 56 96 NO SI SI NO SI NO NO SI NO NO SI NO NO SI NO NO NO NO NO

NO NO NO NO

12

64 Grave 347 92 NO SI SI NO SI NO NO SI NO SI NO NO SI NO NO NO SI NO NO NO

14 61 Muy Grave

329 51 74 225 NO SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO

15

69 3SI SI SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO

16 63

491 NO SI SI NO SI NO NO SI NO NO NO NO NO SI NO SI NO NO NO NO

17 77 Moderado 254 63 90 189 SI SI NO NO SI NO NO SI NO SI NO NO SI NO NO NO SI



NO NO NO

18 72 Moderado 374 60 96 SI SI NO NO NO NO NO NO SI SI NO NO NO NO NO NO

NO NO NO

19 72 101 Moderado 56 60 91 NO SI SI NO SI SI NO SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO

NO NO NO

20 74 83 Moderado 5 2 54 71 95 350 NO SI SI NO NO NO NO NO SI NO SI SI NO SI SI NO NO SI

NO NO NO

22 77 Moderado 375 90 210 NO SI SI NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO NO NO SI SI

NO NO NO

24 74 Moderado 057 66 94 435 SI SI NO NO SI NO NO SI NO NO NO NO NO NO NO SI SI

NO NO NO

25 71 Grave 34 88 SI SI NO NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO NO SI

NO NO

26 70 Grave 45 54 88 SI SI SI SI SI SI SI NO NO NO NO NO NO SI NO SI NO

NO NO

27 77 Grave 246 38 70 SI SI SI SI SI NO NO SI NO NO NO NO NO NO SI SI NO

NO NO

29 72 Muy Grave 428 93 89 SI SI SI NO SI NO NO SI NO SI NO NO SI NO NO SI SI NO

NO NO

20 72 495 SI SI NO NO SI SI SI NO NO NO NO NO NO SI NO SI NO

NO NO

31 72 492 345 SI SI SI NO SI NO NO SI NO SI NO NO SI NO NO SI SI NO

NO NO

32 73 89 SI SI SI NO SI NO NO SI NO SI NO NO NO NO NO NO NO

NO NO

33

73 65 Administrativo 1 1 90 SI SI SI NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO NO NO NO

34

76 71 Jubilado 90 NO 25 SI SI SI NO NO NO SI NO NO SI NO NO NO NO SI SI NO NO NO

35 74 90 NO SI NO NO SI

NO NO SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO

36 82 Moderado

472 67 76 45 SI SI NO NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO SI SI NO NO NO

37 82 Grave

42 46 84 SI SI SI SI SI SI SI SI NO SI SI NO SI NO NO SI SI NO NO NO

39 88 491 SI SI SI SI NO NO SI NO NO SI NO NO NO NO NO SI SI NO

NO NO

Características

Demográfico

Diagnóstico

Síntomas

Factores R.

Tratamiento

Gravedad EPOC

Edad

Peso

Ocupación

Nivel socioeconómico

Leve, moderado,  
grave, muy grave

Disnea (BORG)

Disnea (MMRC)

FEV1 %

VEF1/CVF <70% =  
obstrucción

Oximetría

C6M

Auscultación pulmonar

IMC

1RM

Disnea

Tos crónica

Exacerbaciones

Espujo

Roncus

Sibilancias

Expectoración

Pérdida de peso

Limitación del ejercicio

Infecciones del tracto  
respiratorio

Opresión en el pecho

Fatiga

Tuberculosis (TB)

Asma

Cardiopatias

Oxígeno  
suplementario

Bulle ctomía

Cirugía de reducción  
de volumen

Transplante pulmonar

Valor

Caso #

#

#

kg.

-0-10 0-4 %%% m SI-NO

kg/

m2

#SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO

SI-

NO

SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO

122 Moderada 65 57 96 SI SI NO NO NO NO NO NO NO SI SI NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO  
459 Moderado 273 58 96 280 NO SI NO NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO NO NO

NO NO NO

556 Moderado

251 60 60 NO SI SI SI NO SI NO SI NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO

11 69 Moderado 374 68 87 115 SI SI NO SI SI SI NO SI NO SI NO NO SI NO NO NO NO

NO NO NO

13 64 Muy Grave

26 28 78 364 NO SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO

20 70 Moderado 355 44.48 NO SI SI NO NO NO NO NO NO

NO SI NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO

23 78 Moderado 253 45.6 87 NO SI SI SI NO NO SI SI

NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO

28 76 Muy Grave 326 91 SI SI SI SI SI NO SI SI

NO SI NO SI SI NO NO NO SI NO NO NO

38 84 Muy Grave

27 89 SI SI SI NO SI SI NO SI NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO

40 90 70 91 SI SI SI NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO SI NO SI SI

NO NO NO

Características

Demográfico

Diagnóstico

Síntomas

Factores R.

Tratamiento

134

#### 4.2.3 Resultados de los experimentos

##### EXP1- Sin retroalimentación

Mediante el prototipo web, se sometieron los diez casos a prueba para producir recomendaciones. En la Tabla 42 se presentan los resultados, indicándose en amarillo el caso ingresado y el grado de similitud obtenido, junto con el caso recomendado (color blanco) por cada repetición.

Tabla 42. EXP1-Sin retroalimentación. Resultados de similitud.

NOTA: Valor en amarillo-Caso de prueba ingresado.

Valor en blanco-Caso seleccionado por el RBC para la recomendación.

Las configuraciones de la fisioterapia recomendada por el RBC según el caso elegido por similitud se presentan en la Tabla 43 en color blanco. Esta recomendación se contrasta con la fisioterapia previamente conocida, que fue en realidad aplicada de manera exitosa, marcada en amarillo. Los resultados se valoran de manera individual en cada característica, mediante la matriz de confusión, teniéndose los valores de TP, TN, FP y FN, globales indicados.  
Gravedad EPOC

Edad

Peso

Ocupación

Nivel  
socioeconómico

Leve , moderado,  
grave, muy grave

Disnea (BORG)

Disnea (MMRC)

FEV1 %

VEF1/CVF <70% =  
obstrucción

Oximetría

C6M

Auscultación  
pulmonar

IMC

1RM

Disnea

Tos crónica

Exacerbaciones

Espujo

Roncus

Sibilancias

Expectoración

Pérdida de peso

Limitación del  
ejercicio

Infecciones del



22 77 Moderado

375 90 210 NO SI SI NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO NO NO SI SI NO NO NO

23 78 Moderado 253 45.6 87 NO NO SI SI NO NO SI SI NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO

22 77 Moderado

375 90 210 NO SI SI NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO NO NO SI SI NO NO NO

28 76 Muy Grave 326 91 SI SI SI SI NO SI SI NO SI NO SI SI NO NO NO SI NO NO NO

17 77 Moderado

254 63 90 189 SI SI NO NO SI NO NO SI NO SI NO NO SI NO NO NO SI NO NO NO

38 84 Muy Grave 27 89 SI SI SI NO SI SI NO SI NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO

17 77 Moderado

254 63 90 189 SI SI NO NO SI NO NO SI NO SI NO NO SI NO NO NO SI NO NO NO

40 90 70 91 SI SI SI NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO SI NO SI SI NO NO NO

36 82 Moderado

472 67 76 45 SI SI NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO SI SI NO NO NO

EXPERIMENTO 01

0.837053102

0.84292723

0.794719414

0.785001956

0.775869631

0.833771814

0.92717265

0.856476872

0.869184938

0.777986605

Diagnóstico

Características

Demográfico

Síntomas

Factores R.

Tratamiento

Tabla 43. EXP1-Sin retroalimentación. Resultados de la recomendación contra valores conocidos.

NOTA: Valor en amarillo-Caso de prueba ingresado.

Valor en blanco-Caso seleccionado por el RBC para la recomendación.

EXP2- Con retroalimentación y ajuste

Para este segundo experimento, además de obtener la recomendación por cada caso, ésta se retroalimentó a la base de conocimiento, pero considerando como ajuste los valores de la fisioterapia que ya eran conocidos como exitosos para el caso, desde la recolección de este. En la Tabla 44, se muestran los resultados obtenidos marcándose con amarillo el caso ingresado y con blanco el caso recomendado por el RBC en cada repetición. En naranja se muestran las recomendaciones que han cambiado con respecto al experimento uno, derivado de la retroalimentación.

Caso #

Valor  
Similitud

1.  
Entrenamiento  
de resistencia  
(MsSs y MsIs)

2. Ejercicio  
aeróbico

3. Flexibilidad

4. Movilización  
de miembros  
superiores e  
inferiores  
(MsSs y MsIs)

1. Técnicas que  
utilizan ondas  
de choque -  
Vibración  
manual

2. Técnicas que  
utilizan el  
efecto de la  
gravedad -  
Drenaje  
postural

3. Técnica  
de tos - Tos  
dirigida



(TD)

4. Espiración  
lenta total a  
glotis abierta  
en  
lateralización  
(ELTGOL)

5. Técnicas  
de  
espiración  
forzada  
(TEF)

6. Ciclo  
activo  
respiratori  
o (CAR)

1. Patrón  
respiratorio  
costobasal

2. Patrón  
respiratorio  
diafragmático

1. Aumento  
del flujo  
espiratorio  
(AFE)

3. ELP/TLF

Ejercicios de  
relajación

Técnicas de  
ahorro de  
energía

TP TN FP FN

1X XXXXX XX  
36

XXXXX

4XXXXXXXXXX  
7

XXXXXXXXX

5XXXXXXXXXXXX  
3

XXXXXXXXX

11 XX XXX XX X  
17

XXXXXXXXXX

13XXXXXXXX

8

XXX

20XXXXXXXX

22

XXXXXXXXXX

23XXXXXXXX

22

XXXXXXXXXX

28XXXX

17

XXXXXXXXXX

38XXXXXXXX

17

XXX

40XXXXXX

36

XXXXX

5

4

5

2

4

7

1

4

5

6

4

1

3

5

7

1

5

9

1

1

7

7

2

0

7

6

0

3

7

5

3

1

5

8

0

3

7

8

0

1

Ejercicios

Acondicionamiento - entrenamiento físico

Técnicas de Higiene bronquial

Técnicas de reeducación  
respiratoria

Técnicas que favorezcan el  
flujo espiratorio

Otros

Valores

0.785001956

0.775869631

0.833771814

0.92717265

0.856476872

0.869184938

0.777986605

EXPERIMENTO 01

0.837053102

0.84292723

0.794719414

136

Tabla 44. EXP2-Con retroalimentación y ajuste. Resultados de similitud.

NOTA: Valor en amarillo-Caso de prueba ingresado.

Valor en blanco-Caso seleccionado por el RBC para la recomendación que no varió con relación al EXP1.

Valor en naranja-Caso seleccionado por el RBC para la recomendación que sí varió con relación al EXP1.

Las configuraciones de la fisioterapia recomendada por el RBC según el caso elegido por similitud, se presentan en la Tabla 45 en color blanco y en naranja las que cambiaron. Esta recomendación se contrasta con la fisioterapia previamente conocida, que fue en realidad aplicada de manera exitosa, marcada en amarillo. Los resultados se valoran de manera individual en cada característica, mediante la matriz de confusión, obteniéndose los valores de TP, TN, FP y FN, globales indicados.

Gravedad EPOC

Edad

Peso

Ocupación

Nivel  
socioeconómico

Leve , moderado,  
grave, muy grave

Disnea (BORG)

Disnea (MMRC)

FEV1 %

VEF1/CVF <70% =  
obstrucción

Oximetría

C6M

Auscultación  
pulmonar

IMC

1RM

Disnea

Tos crónica

Exacerbaciones

Espujo

Roncus

Sibilancias

Expectoración

Pérdida de peso

Limitación del  
ejercicio

Infecciones del  
tracto  
respiratorio

Opresión en el  
pecho

Fatiga

Tuberculosis (TB)

Asma

Cardiopatías

Oxígeno  
suplementario



40 90 70 91 SI SI SI NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO SI NO SI SI NO NO NO  
36 82 Moderado

472 67 76 45 SI SI NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO SI SI NO NO NO

0.794719414

0.785700045

0.775869631

0.92717265

0.856476872

0.869184938

0.782203366

0.837053102

0.876721364

0.833771814

Características

EXPERIMENTO 02

Tratamiento

Factores R.

Síntomas

Diagnóstico

Demográfico

137

Tabla 45. EXP2-Con retroalimentación y ajuste. Resultados de la recomendación contra valores conocidos.

NOTA: Valor en amarillo-Caso de prueba ingresado.

Valor en blanco-Caso seleccionado por el RBC para la recomendación que no varía conforme el EXP1.

Valor en naranja-Caso seleccionado por el RBC para la recomendación que sí varía conforme el EXP1.

EXP3- Con retroalimentación y sin ajuste

El tercer experimento es similar al experimento dos, donde se obtiene una recomendación, sin embargo, ésta no se ajusta y se guarda en su estado original. En la Tabla 46, se muestran los resultados obtenidos, marcándose con amarillo el caso ingresado y con blanco el caso recomendado en cada repetición. En naranja se muestran las recomendaciones que han cambiado con respecto al experimento

uno.

Caso #

Valor  
Similitud

1.  
Entrenamiento  
de resistencia  
(MsSs y MsIs)

2. Ejercici  
o aeróbic  
o

3. Flexibilidad

4. Movilización  
de miembros  
superiores e  
inferiores  
(MsSs y MsIs)

1. Técnicas que  
utilizan ondas  
de choque -  
Vibración  
manual

2. Técnicas que  
utilizan el  
efecto de la  
gravedad -  
Drenaje  
postural

3. Técnica  
de tos - Tos  
dirigida (TD)

4. Espiración  
lenta total a  
glotis abierta  
en  
lateralización  
(ELTGOL)

5. Técnicas  
de  
expiración  
forzada  
(TEF)

6. Ciclo activo  
respiratorio  
(CAR)



1. Patrón  
respiratori  
o  
costobasal

2. Patrón  
respiratorio  
diafragmático

1. Aumento  
del flujo  
espiratorio  
(AFE)

3. ELP/TLF

Ejercicios de  
relajación

Técnicas de  
ahorro de  
energía

TP TN FP FN

1X XXXX XXX

36

XXXXX

4XXXXXXXXXX

7

XXXXXXXXX

5XXXXXXXXXX

3

XXXXXXXXX

11XXXXXXXXXX

17

XXXXXXXXXXXX

13 XXXXX

4

XXXXXXXXXX

20XXXXXXXXXX

22

XXXXXXXXXXXX

23 XXXXX

20

XXXXXXXXX

28 XXXX

17

XXXXXXXXXXXXX

38 XXXXXXXX

28

XXXX

40 XXXXXXXX XX

36

XXXXX

3

8

1

4

4

7

1

4

4

7

3

2

3

5

7

1

5

7

3

1

7

7

2

0

7

6

0

3

7

5

3

1

5

8

0

3

7

8

0

1

Ejercicios

Acondicionamiento - entrenamiento físico

Técnicas de Higiene bronquial

Técnicas de reeducación  
respiratoria

Técnicas que favorezcan el  
flujo espiratorio

Otros

Valores

0.794719414

0.785700045

0.775869631

0.92717265

0.856476872

0.869184938

0.782203366

0.837053102

0.876721364

0.833771814

EXPERIMENTO 02

138

Tabla 46. EXP3-Con retroalimentación y sin ajuste. Resultados de similitud.

NOTA: Valor en amarillo-Caso de prueba ingresado.

Valor en blanco-Caso seleccionado por el RBC para la recomendación que no varió con relación al EXP1.

Valor en naranja-Caso seleccionado por el RBC para la recomendación que sí varió con relación al EXP1.

Las configuraciones de la fisioterapia recomendada por el RBC según el caso elegido por similitud, se presentan en la Tabla 47 en color blanco y en naranja las que cambiaron. Esta recomendación se contrasta con la fisioterapia previamente conocida, que fue en realidad aplicada de manera exitosa, marcada en amarillo. Los resultados se valoran de manera individual en cada característica, mediante la matriz de confusión, obteniéndose los valores de TP, TN, FP y FN, globales indicados.

Gravedad EPOC

Edad

Peso

Ocupación

Nivel  
socioeconómico

Leve , moderado,  
grave, muy grave

Disnea (BORG)

Disnea (MMRC)

FEV1 %

VEF1/CVF <70% =  
obstrucción

Oximetría

C6M

Auscultación  
pulmonar

IMC

1RM

Disnea

Tos crónica

Exacerbaciones

Espujo

Roncus

Sibilancias

Expectoración

Pérdida de peso

Limitación del  
ejercicio

Infecciones del  
tracto  
respiratorio

Opresión en el  
pecho

Fatiga

Tuberculosis (TB)

Asma

Cardiopatías

Oxígeno  
suplementario

Bullectomía

Cirugía de  
reducción de  
volumen

Transplante  
pulmonar

Caso #

Valor  
Similitud

#Kg. -0-10 0-4 %%% m SI-NO # # SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO  
SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO



0.777986605

0.848760706

EXPERIMENTO 04

0.877971146

0.785001956

0.775869631

Características

Tratamiento

Factores R.

Síntomas

Diagnóstico

Demográfico

139

Tabla 47. EXP3-Con retroalimentación y sin ajuste. Resultados de la recomendación contra valores conocidos.

NOTA: Valor en amarillo-Caso de prueba ingresado.

Valor en blanco-Caso seleccionado por el RBC para la recomendación que no varía conforme el EXP1.

Valor en naranja-Caso seleccionado por el RBC para la recomendación que sí varía conforme el EXP1.

EXP4- Sin retroalimentación con tratamiento de datos faltantes

El cuarto experimento es igual al Experimento 1, lo que cambia es la base de conocimientos, la cual ha sido tratada para completar los datos faltantes. En la Tabla 48, se muestran los resultados obtenidos, marcándose con amarillo el caso ingresado y con blanco el caso recomendado en cada repetición. En naranja se muestran las recomendaciones que han cambiado con respecto al experimento uno.

Caso #

Valor

Similitud

1.

Entrenamiento  
de resistencia

(MsSs y Msls)

2. Ejercicio  
aeróbico

3. Flexibilidad

4. Movilización  
de miembros  
superiores e  
inferiores  
(MsSs y Msls)

1. Técnicas que  
utilizan ondas  
de choque -  
Vibración  
manual

2. Técnicas que  
utilizan el  
efecto de la  
gravedad -  
Drenaje  
postural

3. Técnica  
de tos - Tos  
dirigida (TD)

4. Espiración  
lenta total a  
glotis abierta  
en  
lateralización  
(ELTGOL)

5. Técnicas  
de  
expiración  
forzada  
(TEF)

6. Ciclo activo  
respiratorio  
(CAR)

1. Patrón  
respiratori  
o  
costobasal

2. Patrón  
respiratorio  
diafragmático

1. Aumento  
del flujo  
expiratorio  
(AFE)



3. ELP/TLF

Ejercicios de relajación

Técnicas de ahorro de energía

TP TN FP FN

1X XXX XXX X  
36

XXXXX

4X XXXXXXXX  
7

XX XXXXX

5X XXXXXXXXXXXX  
3

X XXX XXX

11 XXX XXX XX  
17

XXX XX XX XX X

13

XX X XXX

4

XXXXXXXXX

20 XXXXXXXX  
22

XXXXXXXX XX X

23 XXXXX  
20

XXXXXXXX XX

28 XX XX  
17

XXXXXXXXXX XX

38 X XXXXXX  
28

XXXX X XX XXX

40 XXXX X XXX  
36

XXXXXX

4

7

1

4

3

5

7

1

5

4

5

2

7

2

0

7

5

6

4

1

7

5

3

1

4

7

3

2

7

8

0

1

7

6

0

3

Técnicas de Higiene bronquial

Acondicionamiento - entrenamiento físico

Ejercicios

Valores

0.775869631

0.785700045

0.794719414

0.876721364

0.837053102

0.92717265

0.856476872

0.869184938

0.782203366

0.833771814

Técnicas de reeducación  
respiratoria

Técnicas que favorezcan el  
flujo espiratorio

Otros

EXPERIMENTO 03

5

8

0

3

Tabla 48. EXP4-Sin retroalimentación con tratamiento de datos faltantes. Resultados de similitud.

NOTA: Valor en amarillo-Caso de prueba ingresado.

Valor en blanco-Caso seleccionado por el RBC para la recomendación que no varió con relación al EXP1.

Valor en naranja-Caso seleccionado por el RBC para la recomendación que sí varió con relación al EXP1.

Las configuraciones de la fisioterapia recomendada por el RBC según el caso elegido por similitud, se presentan en la Tabla 49 en color blanco y en naranja las que cambiaron. Esta recomendación se contrasta con la fisioterapia previamente conocida, que fue en realidad aplicada de manera exitosa, marcada en amarillo. Los resultados se valoran de manera individual en cada característica, mediante la matriz de confusión, obteniéndose los valores de TP, TN, FP y FN, globales indicados.

Gravedad EPOC

Edad

Peso

Ocupación

Nivel  
socioeconómico

Leve , moderado,  
grave, muy grave

Disnea (BORG)

Disnea (MMRC)

FEV1 %

VEF1/CVF <70% =  
obstrucción

Oximetría

C6M

Auscultación  
pulmonar

IMC

1RM

Disnea

Tos crónica

Exacerbaciones

Espujo

Roncus

Sibilancias

Expectoración

Pérdida de peso

Limitación del  
ejercicio

Infecciones del  
tracto  
respiratorio

Opresión en el  
pecho

Fatiga

Tuberculosis (TB)

Asma

Cardiopatias

Oxígeno  
suplementario

Bullectomía

Cirurgía de  
reducción de  
volumen

Transplante  
pulmonar

Caso #

Valor  
Similitud

#Kg. -0-10 0-4 %%% m SI-NO # # SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO  
SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO SI-NO

122 Moderada 065 57 96 SI SI NO NO NO NO NO NO NO SI SI NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO  
15 69 Moderado

2 3 53 58 90 236 SI 26 SI SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO

459 Moderado 273 58 96 280 NO SI NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO  
762 Moderado

2 3 78 62 95 236 NO 26 SI NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO

556 Moderado 251 60 60 NO SI SI SI NO SI NO SI NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO  
358 Moderado

2 1 67 62 90 236 NO 26 SI SI NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO

11 69 Moderado 374 68 87 115 SI SI NO SI SI SI NO SI NO SI NO NO SI NO NO NO NO NO NO NO  
17 77 Moderado

254 63 90 189 SI SI NO NO SI NO NO SI NO SI NO NO SI NO NO NO SI NO NO NO

13 64 Muy Grave 26 28 78 364 NO SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO  
864

Administrativo

Moderado

2 3 56 58 90 236 NO 26 SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO

20 70 Moderado 355 44.5 NO SI SI NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO  
15 69 Moderado

2 3 53 58 90 236 SI 26 SI SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO

23 78 Moderado 253 45.6 87 NO NO SI SI NO NO SI SI NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO  
15 69 Moderado

2 3 53 58 90 236 SI 26 SI SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO

28 0.794719414 76 Muy Grave 326 91 SI SI SI SI SI NO SI SI NO SI NO SI SI NO NO NO SI NO NO NO  
17 77 Moderado

254 63 90 189 SI SI NO NO SI NO NO SI NO SI NO NO SI NO NO NO SI NO NO NO

38 84 Muy Grave 27 89 SI SI SI NO SI SI NO SI NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO  
17 77 Moderado

2 3 54 63 90 189 SI 26 SI NO NO SI NO NO SI NO SI NO NO SI NO NO NO SI NO NO NO

40 90 70 91 SI SI SI NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO SI NO SI SI NO NO NO  
36 82 Moderado

472 67 76 45 SI SI NO NO NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO SI SI NO NO NO

0.887288398

0.961427119

0.856476872

0.869184938

0.777986605

0.848760706

EXPERIMENTO 04

0.877971146

0.785001956

0.775869631

Características

Tratamiento

Factores R.

Síntomas

Diagnóstico

Demográfico

141

Tabla 49. EXP4-Sin retroalimentación con tratamiento de datos faltantes. Resultados de la recomendación contra valores conocidos.

NOTA: Valor en amarillo-Caso de prueba ingresado.

Valor en blanco-Caso seleccionado por el RBC para la recomendación que no varía conforme el EXP1.

Valor en naranja-Caso seleccionado por el RBC para la recomendación que sí varía conforme el EXP1.

#### 4.3 Análisis de resultados

Una vez que se han obtenido los valores predictivos en cada repetición de los experimentos, se calculan las métricas precisión, recall, F1-Score y exactitud, para su posterior análisis. Además, se complementan los valores predictivos globales, con los correspondientes a cada categoría.

##### 4.3.1 Cálculo de métricas

###### EXP1- Sin retroalimentación

En las tablas de la 50 a la 55, se presentan los valores predictivos para el Experimento 1. Se puede observar en las métricas globales una precisión general Caso #

Valor  
Similitud

1.  
Entrenamiento  
de resistencia  
(MsSs y MsIs)

2. Ejercici  
o aeróbic  
o

3. Flexibilidad

4. Movilización  
de miembros  
superiores e  
inferiores  
(MsSs y MsIs)

1. Técnicas que utilizan ondas de choque - Vibración manual

2. Técnicas que utilizan el efecto de la gravedad - Drenaje postural

3. Técnica de tos - Tos dirigida (TD)

4. Espiración lenta total a glotis abierta en lateralización (ELTGOL)

5. Técnicas de espiración forzada (TEF)

6. Ciclo activo respiratorio (CAR)

1. Patrón respiratorio costobasal

2. Patrón respiratorio diafragmático

1. Aumento del flujo espiratorio (AFE)

3. ELP/TLF

Ejercicios de relajación

Técnicas de ahorro de energía

TP TN FP FN

1 X X X X X X X X



XXXX

4XXXXXXXXXX

7

XXXXXXX

5XXXXXXXXXXXX

3

XXXXXX

11 XX XXXXXX

17

XXXXXXXXXXXX

13XXXXXXXX

8

XX XX

20 XX XX

15

XXXX

23XXXXXXXX

15

XXXX

28 0.794719414 XXXX

17

XXXXXXXXXXXX

38XXXXXXXX

17

XXXXXXXXXXXX

40XXXXXXXXXX

36

XXXXX

7

6

0

3

7

8

0

1

5

9

1

1

7

5

3

1

4

10

0

2

3

8

1

4

Ejercicios

Acondicionamiento - entrenamiento físico

Técnicas de Higiene bronquial

Valores

4

7

1

4

5

0.887288398

0.961427119

0.856476872

0.869184938

0.777986605

0.848760706

Técnicas de reeducación  
respiratoria

Técnicas que favorezcan el  
flujo espiratorio

Otros

EXPERIMENTO 04

3

7

1

5

0.877971146

0.785001956

0.775869631

4

5

2

3

5

7

1

142

del 75% siendo los casos con menor precisión el 23, 28 y 38, además, se presenta un Recall global del 77%, que valora la exhaustividad, es decir, el nivel en que el sistema es capaz de identificar una solución correcta. El F1-Score, utilizado para combinar las dos medidas anteriores obteniendo un rendimiento, fue de un 73%, y finalmente, la exactitud para medir el porcentaje total acertado nos da un 75%.

Sobre las métricas por categoría, es claro que el acondicionamiento físico presenta los valores más bajos (precisión-40%, recall-43%, F1 Score-37% y exactitud-48%).

Tabla 50. Resultados de las métricas globales.

Tabla 51. Resultados de las métricas para el acondicionamiento-entrenamiento físico.

Tabla 52. Resultados de las métricas para las técnicas de higiene bronquial.

Tabla 53. Resultados de las métricas para las técnicas de reeducación respiratoria.

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISI3N RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1	5	8	0	3	100%	63%	0.77	0.81
4	7	8	0	1	100%	88%	0.93	0.94
5	7	6	0	3	100%	70%	0.82	0.81
11	7	5	3	1	70%	88%	0.78	0.75
13	5	9	1	1	83%	83%	0.83	0.88
20	7	7	2	0	78%	100%	0.88	0.88
23	5	6	4	1	56%	83%	0.67	0.69
28	3	5	7	1	30%	75%	0.43	0.50
38	5	4	5	2	50%	71%	0.59	0.56
40	4	7	1	4	80%	50%	0.62	0.69
Promedio					75%	77%	73%	75%

GLOBAL

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISI3N RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1	1	0	0	3	100%	25%	0.40	0.25
4	4	0	0	0	100%	100%	1.00	1.00
5	4	0	0	0	100%	100%	1.00	1.00
11	1	0	3	0	25%	100%	0.40	0.25
13	0	3	0	1	0%	0%	0.00	0.75
20	3	0	1	0	75%	100%	0.86	0.75
23	0	0	4	0	0%	0%	0.00	0.00
28	0	0	4	0	0%	0%	0.00	0.00
38	0	0	4	0	0%	0%	0.00	0.00
40	0	3	1	0	0%	0%	0.00	0.75
Promedio					40%	43%	37%	48%

ACONDICIONAMIENTO FÍSICO

Promedio

Caso

prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 0 6 0 0 0% 0% 0.00 1.00  
4 0 6 0 0 0% 0% 0.00 1.00  
5 0 4 0 2 0% 0% 0.00 0.67  
11 2 3 0 1 100% 67% 0.80 0.83  
13 1 4 1 0 50% 100% 0.67 0.83  
20 0 5 1 0 0% 0% 0.00 0.83  
23 1 4 0 1 100% 50% 0.67 0.83  
28 0 4 2 0 0% 0% 0.00 0.67  
38 2 2 0 2 100% 50% 0.67 0.67  
40 0 3 0 3 0% 0% 0.00 0.50  
35% 27% 28% 78%

TÉCNICAS DE HIGIENE BRONQUIAL

Promedio

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
4 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
5 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
11 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
13 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
20 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
23 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
28 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
38 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
40 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
100% 100% 100% 100%

TÉCNICAS DE REEDUCACIÓN

Promedio

143

Tabla 54. Resultados de las métricas para las técnicas que favorecen el flujo espiratorio.

Tabla 55. Resultados de las métricas de la categoría "otros".

En las tablas de la 56 a la 61, se presentan los valores predictivos para el Experimento 2. Se puede observar en las métricas globales que la precisión general se mantiene en 75%. Particularmente podemos observar el caso 13 y el 38 que son los que más han cambiado, en el primero las métricas disminuyeron, a diferencia del segundo donde las métricas subieron considerablemente, ambos casos obtuvieron una recomendación de un caso recién ingresado. Sin embargo, el caso 13 fue más asertivo que el 38.

El Recall global disminuyó a 73%, con una leve menor capacidad de identificar una solución correcta. El F1-Score, también disminuyó ligeramente al 71%, pero, la exactitud se mantuvo en un 75%.

Sobre las métricas por categoría, el acondicionamiento físico mejoró (precisión-43%, recall-53%, F1 Score-41% y exactitud-55%), disminuyendo ligeramente las técnicas de higiene bronquial (precisión-10%, recall-7%, F1 Score-8% y exactitud-73%).

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 4 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 5 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 11 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 13 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 20 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 23 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 28 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 38 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 40 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 100% 100% 100% 100%

TÉCNICAS QUE FAVORECEN EL FLUJO

Promedio

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 4 0 1 0 1 0% 0% 0.00 0.50  
 5 0 1 0 1 0% 0% 0.00 0.50  
 11 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 13 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 20 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 23 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 28 0 0 1 1 0% 0% 0.00 0.00  
 38 0 1 1 0 0% 0% 0.00 0.50  
 40 1 0 0 1 100% 50% 0.67 0.50  
 60% 55% 57% 70%

OTROS

Tabla 56. Resultados de las métricas globales.

Tabla 57. Resultados de las métricas para el acondicionamiento-entrenamiento físico.

Tabla 58. Resultados de las métricas para las técnicas de higiene bronquial.

Tabla 59. Resultados de las métricas para las técnicas de reeducación respiratoria.

Tabla 60. Resultados de las métricas para las técnicas que favorecen el flujo espiratorio.

Tabla 61. Resultados de las métricas de la categoría "otros".

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 5 8 0 3 100% 63% 0.77 0.81  
 4 7 8 0 1 100% 88% 0.93 0.94  
 5 7 6 0 3 100% 70% 0.82 0.81  
 11 7 5 3 1 70% 88% 0.78 0.75  
 13 5 7 3 1 63% 83% 0.71 0.75  
 20 7 7 2 0 78% 100% 0.88 0.88  
 23 4 7 3 2 57% 67% 0.62 0.69  
 28 3 5 7 1 30% 75% 0.43 0.50  
 38 3 8 1 4 75% 43% 0.55 0.69  
 40 4 7 1 4 80% 50% 0.62 0.69  
 75% 73% 71% 75%

Promedio

GLOBAL

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 1 0 0 3 100% 25% 0.40 0.25

4 4 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
5 4 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
11 1 0 3 0 25% 100% 0.40 0.25  
13 1 0 3 0 25% 100% 0.40 0.25  
20 3 0 1 0 75% 100% 0.86 0.75  
23 0 1 3 0 0% 0% 0.00 0.25  
28 0 0 4 0 0% 0% 0.00 0.00  
38 0 4 0 0 0% 0% 0.00 1.00  
40 0 3 1 0 0% 0% 0.00 0.75  
43% 53% 41% 55%

Promedio

## ACONDICIONAMIENTO FÍSICO

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 0 6 0 0 0% 0% 0.00 1.00  
4 0 6 0 0 0% 0% 0.00 1.00  
5 0 4 0 2 0% 0% 0.00 0.67  
11 2 3 0 1 100% 67% 0.80 0.83  
13 0 5 0 1 0% 0% 0.00 0.83  
20 0 5 1 0 0% 0% 0.00 0.83  
23 0 4 0 2 0% 0% 0.00 0.67  
28 0 4 2 0 0% 0% 0.00 0.67  
38 0 2 0 4 0% 0% 0.00 0.33  
40 0 3 0 3 0% 0% 0.00 0.50  
10% 7% 8% 73%

Promedio

## TÉCNICAS DE HIGIENE BRONQUIAL

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
4 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
5 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
11 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
13 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
20 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
23 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
28 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
38 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
40 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
100% 100% 100% 100%

Promedio

## TÉCNICAS DE REEDUCACIÓN

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD



1 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
4 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
5 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
11 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
13 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
20 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
23 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
28 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
38 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
40 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
100% 100% 100% 100%

#### TÉCNICAS QUE FAVORECEN EL FLUJO

Promedio

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
4 0 1 0 1 0% 0% 0.00 0.50  
5 0 1 0 1 0% 0% 0.00 0.50  
11 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
13 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
20 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
23 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
28 0 0 1 1 0% 0% 0.00 0.00  
38 0 1 1 0 0% 0% 0.00 0.50  
40 1 0 0 1 100% 50% 0.67 0.50  
60% 55% 57% 70%

OTROS

Promedio

145

EXP3- Con retroalimentación y sin ajuste

En las tablas de la 62 a la 67, se presentan los valores predictivos para el Experimento 3. Se puede observar en las métricas globales una precisión general disminuyó ligeramente a 72%, por fluctuaciones a la baja en varios casos. Particularmente podemos observar los cambios que han sufrido los casos 13 y 38, en el primero las métricas disminuyeron, a diferencia del caso 38 donde las métricas subieron considerablemente, ambos casos obtuvieron una recomendación de un caso recién ingresado. Sin embargo, uno fue más asertivo que otro. El Recall se mantuvo en 75% y el F1-Score, también disminuyó ligeramente a 71%, al igual que la exactitud 73%.

Sobre las métricas por categoría, el acondicionamiento físico mejoró (precisión-43%, recall-53%, F1 Score-41% y exactitud-53%), disminuyendo ligeramente las técnicas de higiene bronquial, pero no en exactitud (precisión-10%, recall-17%, F1 Score-8% y exactitud-78%).

Tabla 62. Resultados de las métricas globales.

Tabla 63. Resultados de las métricas para el acondicionamiento-entrenamiento físico.

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 5 8 0 3 100% 63% 0.77 0.81  
4 7 8 0 1 100% 88% 0.93 0.94  
5 7 6 0 3 100% 70% 0.82 0.81  
11 7 5 3 1 70% 88% 0.78 0.75  
13 4 7 3 2 57% 67% 0.62 0.69  
20 7 7 2 0 78% 100% 0.88 0.88  
23 5 6 4 1 56% 83% 0.67 0.69  
28 3 5 7 1 30% 75% 0.43 0.50  
38 5 4 5 2 50% 71% 0.59 0.56  
40 4 7 1 4 80% 50% 0.62 0.69  
72% 75% 71% 73%

Promedio

GLOBAL

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 1 0 0 3 100% 25% 0.40 0.25  
4 4 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
5 4 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
11 1 0 3 0 25% 100% 0.40 0.25  
13 1 0 3 0 25% 100% 0.40 0.25  
20 3 0 1 0 75% 100% 0.86 0.75  
23 0 0 4 0 0% 0% 0.00 0.00  
28 0 0 4 0 0% 0% 0.00 0.00  
38 0 4 0 0 0% 0% 0.00 1.00  
40 0 3 1 0 0% 0% 0.00 0.75  
43% 53% 41% 53%

Promedio

ACONDICIONAMIENTO FÍSICO

Tabla 64. Resultados de las métricas para las técnicas de higiene bronquial.

Tabla 65. Resultados de las métricas para las técnicas de reeducación respiratoria.

Tabla 66. Resultados de las métricas para las técnicas que favorecen el flujo espiratorio.

Tabla 67. Resultados de las métricas de la categoría "otros".

#### EXP4- Sin retroalimentación con tratamiento de datos faltantes

En las tablas de la 68 a la 73, se presentan los valores predictivos para el Experimento 4. Se puede observar en las métricas globales una precisión general se incrementó ligeramente a 76%, se puede ver la mejora drástica en algunos casos como el 23 donde su precisión subió a un 100%, en algunos casos como el 1, su precisión disminuyó sin embargo se encuentra dentro de los límites aceptables, y en la mayoría de los casos el cálculo se mantuvo. Sin embargo, uno fue más asertivo que otro. El Recall disminuyó a 67% y el F1-Score, también disminuyó a 68%, al igual que la exactitud a 73%.

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1	0	6	0	0	0%	0%	0.00	1.00
4	0	6	0	0	0%	0%	0.00	1.00
5	0	4	0	2	0%	0%	0.00	0.67
11	2	3	0	1	100%	67%	0.80	0.83
13	0	5	0	1	0%	0%	0.00	0.83
20	0	5	1	0	0%	0%	0.00	0.83
23	1	4	0	1	0%	50%	0.00	0.83
28	0	4	2	0	0%	0%	0.00	0.67
38	2	2	0	2	0%	50%	0.00	0.67
40	0	3	0	3	0%	0%	0.00	0.50
10%	17%	8%	8%	78%				

Promedio

## TÉCNICAS DE HIGIENE BRONQUIAL

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
4 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
5 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
11 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
13 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
20 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
23 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
28 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
38 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
40 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
100% 100% 100% 100%

Promedio

## TÉCNICAS DE REEDUCACIÓN

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
4 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
5 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
11 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
13 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
20 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
23 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
28 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
38 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
40 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
100% 100% 100% 100%

Promedio

## TÉCNICAS QUE FAVORECEN EL FLUJO

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
4 0 1 0 1 0% 0% 0.00 0.50  
5 0 1 0 1 0% 0% 0.00 0.50  
11 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
13 0 1 0 1 0% 0% 0.00 0.50  
20 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
23 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
28 0 0 1 1 0% 0% 0.00 0.00  
38 0 1 1 0 0% 0% 0.00 0.50  
40 1 0 0 1 100% 50% 0.67 0.50  
50% 45% 47% 65%

Promedio

147

Sobre las métricas por categoría, el acondicionamiento físico bajó (precisión-13%, recall-30%, F1 Score-14% y exactitud-50%), disminuyendo ligeramente las técnicas de higiene bronquial, pero no en recall y precisión (precisión-35%, recall-27%, F1 Score-21% y exactitud-77%).

Tabla 68. Resultados de las métricas globales.

Tabla 69. Resultados de las métricas para el acondicionamiento-entrenamiento físico.

Tabla 70. Resultados de las métricas para las técnicas de higiene bronquial.

Tabla 71. Resultados de las métricas para las técnicas de reeducación respiratoria.

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 3 7 1 5 75% 38% 0.50 0.63

4 7 8 0 1 100% 88% 0.93 0.94

5 7 6 0 3 100% 70% 0.82 0.81

11 7 5 3 1 70% 88% 0.78 0.75  
13 5 9 1 1 83% 83% 0.83 0.88  
20 3 8 1 4 75% 43% 0.55 0.69  
23 410 0 2 100% 67% 0.80 0.88  
28 3 5 7 1 30% 75% 0.43 0.50  
38 5 4 5 2 50% 71% 0.59 0.56  
40 4 7 1 4 80% 50% 0.62 0.69  
76% 67% 68% 73%

Promedio

GLOBAL

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 0 0 0 4 0% 0% 0.00 0.00  
4 4 0 0 0 0% 100% 0.00 1.00  
5 4 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
11 1 0 3 0 25% 100% 0.40 0.25  
13 0 3 0 1 0% 0% 0.00 0.75  
20 0 1 0 3 0% 0% 0.00 0.25  
23 0 4 0 0 0% 0% 0.00 1.00  
28 0 0 4 0 0% 0% 0.00 0.00  
38 0 0 4 0 0% 0% 0.00 0.00  
40 0 3 1 0 0% 0% 0.00 0.75  
13% 30% 14% 50%

Promedio

ACONDICIONAMIENTO FÍSICO

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 0 5 1 0 0% 0% 0.00 0.83  
4 0 6 0 0 0% 0% 0.00 1.00  
5 0 4 0 2 0% 0% 0.00 0.67  
11 2 3 0 1 100% 67% 0.80 0.83  
13 1 4 1 0 50% 100% 0.00 0.83  
20 0 5 1 0 0% 0% 0.00 0.83  
23 1 4 0 1 100% 50% 0.67 0.83  
28 0 4 2 0 0% 0% 0.00 0.67  
38 2 2 0 2 100% 50% 0.67 0.67  
40 0 3 0 3 0% 0% 0.00 0.50  
35% 27% 21% 77%

Promedio

TÉCNICAS DE HIGIENE BRONQUIAL

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
4 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00

5 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 11 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 13 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 20 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 23 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 28 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 38 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 40 2 0 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 100% 100% 100% 100%

Promedio

#### TÉCNICAS DE REEDUCACIÓN

148

Tabla 72. Resultados de las métricas para las técnicas que favorecen el flujo espiratorio.

Tabla 73. Resultados de las métricas de la categoría "otros".

#### 4.3.2 Análisis de métricas resultantes

Para el análisis de esta segunda prueba con enfoque cuantitativo y con la finalidad de graficar el comparativo de los experimentos, los promedios resultantes de las categorías de los ejercicios se han agrupado de la siguiente manera:

- Métricas globales: la cual incluye los resultados de todas las categorías.
- Métricas de técnicas: en donde se encuentran los resultados de las categorías sobre técnicas de: higiene bronquial, reeducación respiratoria y que favorecen el flujo espiratorio.
- Métricas de técnicas + acondicionamiento: hace referencia a los resultados de las categorías relativas a las técnicas (higiene bronquial, reeducación respiratoria y que favorecen el flujo espiratorio) adicionando los resultados de la categoría de acondicionamiento físico.
- Métricas de técnicas + otros: hace referencia a los resultados de las categorías relativas a las técnicas (higiene bronquial, reeducación respiratoria y que favorecen el flujo espiratorio) adicionando los resultados de la categoría de otros.

Esta agrupación de resultados para su análisis, responde a la necesidad de apreciar las diferencias entre el grupo de técnicas que generalmente se documenta explícitamente en los casos de manera más detallada, que el acondicionamiento  
 Caso  
 prueba

#### TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 4 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
 5 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00

11 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
13 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
20 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
23 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
28 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
38 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
40 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
100% 100% 100% 100%

Promedio

#### TÉCNICAS QUE FAVORECEN EL FLUJO

Caso  
prueba

TP TN FP FN PRECISIÓN RECALL F1 SCORE EXACTITUD

1 0 1 0 1 0% 0% 0.00 0.50  
4 0 1 0 1 0% 0% 0.00 0.50  
5 0 1 0 1 0% 0% 0.00 0.50  
11 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
13 1 1 0 0 100% 100% 1.00 1.00  
20 0 1 0 1 0% 0% 0.00 0.50  
23 0 1 0 1 0% 0% 0.00 0.50  
28 0 0 1 1 0% 0% 0.00 0.00  
38 0 1 1 0 0% 0% 0.00 0.50  
40 1 0 0 1 0% 50% 0.00 0.50  
20% 25% 20% 55%

Promedio

OTROS

149

físico e incluso lo considerado en otros. Lo cual pudiera ser un factor en los casos extraídos de fuentes especializadas externas. La Figura 41 presenta los resultados de las métricas globales en los 4 experimentos.

Figura 41. Gráfica de métricas globales por experimento.

Como podemos observar en los resultados del experimento 1 y el 2, disminuye el recall y el F1-Score en consecuencia, manteniéndose la precisión y la exactitud, esto significa que al retroalimentar los casos el sistema presenta una tendencia a disminuir la proporción que representan los verdaderos positivos contra la suma de todos los positivos propuestos por un experto (incluyendo los falsos negativos del sistema), esto representa un escenario donde en lugar de que el RBC indique la aplicación de una terapia de manera incorrecta, los dejará como no indicado, dejando el criterio de ajuste al experto. Eso sucede sin afectar la exactitud, pero, ante todo, manteniendo una disminución ligera general del F1-Score, medida armónica entre la precisión y el recall.

Es interesante observar que cuando la retroalimentación no consideró ajuste experto, la precisión y la exactitud bajaron de manera evidente. Y aunque el recall



aumentó, esto no significa necesariamente una mejora en el escenario del caso, pues si bien el sistema presentó una mejor proporción contra lo que se debería recomendar, en eso, también incrementó las terapias que recomendó sin que fueran consideradas por un experto. En ese sentido y en una aplicación de soporte a decisiones en el ámbito de la e-Salud, este escenario no resulta deseable, prefiriéndose un comportamiento más conservador.

De inicio al aplicar técnicas para complementar los datos faltantes en la base conocimiento, se puede observar una mejora en la precisión en un escenario no retroalimentado, aunque la exactitud se redujo. Además, el recall disminuyó de manera importante, tanto, que, a pesar del incremento en la precisión, el F1 Score también bajo, esto habla de un incremento en el margen de ajuste por experto.

Para analizar el comportamiento de las métricas, intracategorías de terapia, aplicando la agrupación de técnicas y su combinación con el acondicionamiento físico y otros, se han calculado las métricas, obteniéndose los resultados presentados en la Figura 42.

(a) (b) (c)

Figura 42. Gráficas de métricas por grupos. (a) Técnicas, (b) Técnicas+Acondicionamiento, (c) Técnicas+Otros.

Se puede observar que en general la recomendación de técnicas de higiene bronquial, reeducación respiratoria y las que favorecer el flujo espiratorio, presenta una precisión alta de 92% y una exactitud de 93%, estos valores disminuyen

relativamente poco, cuando se incluye la categoría de terapia de otros. Los valores se ven más afectados, cuando se incluye la fisioterapia orientada al acondicionamiento físico general. En este sentido, después de analizar los datos origen de los casos, aunque los niveles de completitud no son tan bajos, no todos los casos documentados explicitan este tipo de tratamiento, por lo que casos con una buena similitud en su planteamiento pueden no presentar esta información en su recomendación.

Para tener un panorama de las métricas por cada experimento, se han graficado de igual forma sus valores, mostrando sus resultados individuales.

En el EXP1- Sin retroalimentación (Figura 43), se puede observar que el agrupamiento relativo a "técnicas", presenta un valor alto tanto en la precisión como en el recall y la exactitud, es decir, su resultado fue bastante asertivo, sin embargo, cuando se agrupan las "Técnicas+Acondicionamiento", la precisión disminuye, no obstante, el recall es más alto que la precisión en este agrupamiento, esto sigue siendo favorable ya que a pesar de no ser tan asertivo, deja un pequeño margen de ajuste para el especialista.

En cuanto a las "Técnicas+Otros", se observa un aumento considerable con respecto a las métricas del agrupamiento "Técnicas+Acondicionamiento", y un poco más bajo que el de "Técnicas", la precisión se encuentra en un 90% indicándonos

un buen resultado. Las métricas globales se encuentran en una precisión del 75% compensándose con un recall del 77%, recordando que este es un escenario adecuado, permitiendo el ajuste experto para la mejora de la recomendación, de igual forma, se atribuye la menor precisión a los resultados no tan asertivos en el acondicionamiento.

152

Figura 43. Gráfica de métricas del experimento uno- sin retroalimentación, por agrupamiento.

Por otro lado, para el experimento dos- con retroalimentación y ajuste (Figura 44), globalmente se mantiene una precisión y exactitud del 75% con respecto al experimento uno, observándose una ligera disminución del recall y en consecuencia del F1-Score. Analizando individualmente, el agrupamiento de las "Técnicas" tiene un incremento al 94% de precisión, y un aumento en el recall del 95% lo que se ve reflejado en el F1-Score y la exactitud, esto nos dice que la recomendación fue sumamente asertiva en este agrupamiento y que la retroalimentación con ajuste sin duda mejoró la calidad de la recomendación.

En cuanto a las "Técnicas+Acondicionamiento", aumentó la precisión con respecto al experimento uno, a un 76%, sin embargo, el recall disminuyó a un 75%, este resultado lo hace más favorable ya que a pesar de tener un ligero aumento en la precisión, el recall permite dejar un buen margen de ajuste y retroalimentación. Finalmente, para las "Técnicas+Otros", también mejoró ligeramente la precisión, y disminuyó el recall. Esto nos confirma que en este segundo experimento los resultados son más favorables, ya que, aunque tenga una precisión por arriba del

153

70%, la disminución del recall permite un margen de ajuste y sin recomendaciones erróneas.

Figura 44. Gráfica de métricas del experimento dos- con retroalimentación y ajuste, por agrupamiento.

En cuanto el experimento tres- con retroalimentación y sin ajuste (Figura 45), se observa una disminución general de las métricas, teniendo un ligero aumento en el recall, sin embargo, como se comentó anteriormente, esto no significa una mejora en la recomendación, de hecho, un aumento en el recall y una disminución en la precisión nos indica un mayor margen de error contra la solución conocida.

154

Figura 45. Gráfica de métricas del experimento tres- con retroalimentación y sin ajuste, por agrupamiento.

Por último, en el experimento cuatro- sin retroalimentación con tratamiento de datos faltantes (Figura 46), en comparación con el experimento uno (Figura 36), en el agrupamiento de "Técnicas+Acondicionamiento" se presentó un ligero aumento en la precisión, siendo ésta la categoría con resultados más bajos en todos los experimentos. En general y reafirmando lo anterior, se tiene una mejora en la precisión global y una disminución en el recall, el F1-Score y la exactitud en consecuencia también han bajado, lo cual nos indica que, ante la presencia de datos completos en la base de conocimiento, las recomendaciones son más precisas y dejan un margen de ajuste al experto con un nivel de error bajo.

155

Figura 46. Gráfica de métricas del experimento tres- con retroalimentación y sin ajuste, por agrupamiento.

#### 4.3.3 Complejidad algorítmica

Una vez estudiada la calidad de la recomendación, es conveniente analizar la complejidad del algoritmo aplicado, que permitirá discutir su impacto en la escalabilidad de la solución, ya que la base de conocimiento tenderá a crecer conforme se acumulen casos documentados.

Para evaluar la complejidad del cálculo del vecino más cercano y la distancia euclidiana, se considera el algoritmo que se ha representado en un diagrama de flujo en la Figura 47.

156

Figura 47. Diagrama de flujo del cálculo de similitud.

Considerando los pasos del diagrama de flujo, donde el algoritmo presenta dos ciclos for anidados que recorren el n tamaño de la base de conocimiento, se plantean los siguientes casos:

- Mejor caso, comportamiento lineal:  
Ciclo for para encontrar k:  $f(n)=2+2n = O(n)$
- Peor caso, comportamiento cuadrático:  
Dos ciclos for anidados:  $f(n) = 2+2n * (2+2n) = (2+2n)^2 = O(n^2)$
- Caso promedio, comportamiento cuadrático:  
Dos ciclos for anidados:  $f(n) = 2+n * (2+2n) = 4+6n+2n^2 = O(n^2)$

En este caso la complejidad computacional es de  $O(n^2)$ , lo cual representa una complejidad cuadrática o exponencial. Teniendo en cuenta que el vecino más cercano en conjunto con la distancia euclidiana necesita recorrer siempre los  $n$  datos para calcular su similitud, poder comparar y obtener el mejor caso. Esto podría representar un problema de escalabilidad para el futuro, ya que, al tener bases de datos muy grandes,  $n$  tiende a crecer, lo que ocasionaría que el tiempo computacional crezca con respecto a  $n$  de manera exponencial.

#### 4.4 Discusión de resultados

##### 4.4.1 Calidad de la recomendación

Existen dos métodos para evaluar el rendimiento de los sistemas de recomendación: el método estadístico y las métricas de decisión (Galán-Nieto, 2007). El primer método, no está recomendado para sistemas como el aquí propuesto, cuyas salidas son de naturaleza binaria (si/no aplica el ejercicio). El segundo método evalúa qué tan efectivo es el sistema al seleccionar recomendaciones correctas a través de métricas como la precisión y el recall, siendo éste el método aplicado para el RBC propuesto.

En este sentido y con base al perfil de efectividad definido con el experto, para el sistema de recomendación sin considerar mejoras como la retroalimentación o la aplicación de técnicas de completitud de datos, tenemos que el 100% de las soluciones se consideran casos aceptados, para un sistema de soporte a decisiones con base al grado de similitud, que en promedio es del 83%, y con diferentes grados de ajuste requeridos, de ninguno a pequeños en un 60% y menores en un 40%. Presentándose una precisión promedio del 75%, un recall del 77%, un F1-Score del 73% y una exactitud del 75%, integrando todas las categorías (técnicas de fisioterapia pulmonar y física, así como otros tratamientos).

Para las técnicas de higiene bronquial, reeducación respiratoria y aquéllas que favorecen el flujo espiratorio, se tiene un promedio de 92% de precisión, 93%

de recall, 91% de F-Score y 93% de exactitud. Estos valores comparados con el 87.8% determinado por (Sultan, 2017) en el diagnóstico y prescripción para el EPOC por un RBC, presenta un buen resultado.

Por otro lado, en cuanto a los problemas de arranque en frío para el RBC, se considera que la aplicación de técnicas para aliviar la falta de completitud de los datos en una base de conocimiento inicial, ha demostrado su utilidad, disminuyendo el recall pasando de 77% a 67%. De igual manera, la retroalimentación y el ajuste, favoreció la reducción del recall, del 77% al 73%.

Finalmente, se concluye que la calidad de la recomendación es buena y en congruencia con el grado de similitud. La categoría de acondicionamiento físico en la fisioterapia pulmonar es un factor que afecta la calidad, sin embargo, ésta puede mejorar de manera paulatina, a medida en que los casos recolectados consideran este tipo de terapia como coadyuvante a la rehabilitación pulmonar.

##### 4.4.2 Solución a problemas de implementación

carEPOC como todo sistema de recomendación, puede presentar los problemas de implementación que este tipo de sistemas enfrentan. La sobre-especialización, el

arranque en frío, los usuarios maliciosos, la escalabilidad y los aspectos relativos a los usuarios, fueron considerados en su aplicabilidad y en algunos casos fueron explorados, de la manera que se presenta en la Tabla 74.

159

Tabla 74. Evaluación de problemas de implementación.

Problema de implementación

Estrategias conocidas

Abordaje realizado

Observaciones

Sobre-especialización

- Uso de filtrado colaborativo.

N/A

En el caso de estudio que aplica el Razonamiento Basado en Casos para la recomendación de fisioterapias pulmonares, por lo que la sobre especialización no es un problema, ya que ésta se presenta en los filtrados por contenido y no en los SR basados en conocimiento.

Arranque en frío

- Casos estándar.
- Bases de casos de la web.
- Uso de reglas.

- Tratamiento de datos faltantes.

- Base de conocimiento inicial.

- Ajuste de la recomendación por parte del usuario.

En este caso se recopiló una base conocimiento que permite disminuir el déficit de información inicial, de igual forma se valoró la aplicación de técnicas para atender el caso de datos faltantes, que demostró su utilidad. Además, el sistema web

permite al usuario, ajustar las soluciones para compensar la falta de exactitud en la recomendación que se pudiera presentar.

Usuarios maliciosos

- Chequeo constante de la base de datos.
- Reducir la popularidad de ciertos ítems.
  
- Inicio de sesión restringido.

Este problema no afecta directamente a los RBC ya que no se tiene un filtrado colaborativo, sin embargo, se debe tomar en cuenta que se manejan datos personales y sensibles de pacientes, y, además, el grado de importancia de las

160

- Utilizar algoritmos especializados en la detección de éstos.

recomendaciones, ya que éstas no deben perder su calidad al tratarse de un ámbito médico. Por tal motivo, en esta primera fase, el acceso es restringido a la plataforma, así como la creación de usuarios es limitado, ya que se les deberá otorgar una cuenta manualmente para ingresar al sistema.

Escalabilidad

- Almacenar únicamente casos nuevos.
- Métodos de indexación.
  
- No se ha considerado, pero sí se exploró.

Se evaluó la complejidad algorítmica de la solución, lo que deja abierto el tema para un estudio más completo en el sentido del crecimiento exponencial el tiempo, que pudiera afectar el rendimiento de la solución.

Aspectos relativos a los usuarios

- “Explicabilidad” de las soluciones.
- Fácil entendimiento.
  
- Interfaz gráfica que permite la interacción humano-computadora.
- Inclusión de la “explicabilidad” en las recomendaciones.

Se ha implementado la interfaz gráfica de usuario en el sistema, para una interacción más intuitiva, además se ha incluido la información sobre las similitud y el caso referente que podría explicar la razón de la recomendación, permitiendo así generar una mayor confianza.

161

## CONCLUSIONES

La e-Salud ha sido un campo ampliamente utilizado principalmente en países desarrollados, que ha demostrado su utilidad para la mejora y extensión de los servicios de salud, sin embargo, presenta una brecha considerable en países en vías de desarrollo. Dentro de las vertientes tecnológicas que han impulsado el progreso de esta disciplina, está la aplicación de la inteligencia artificial a los sistemas de soporte a decisiones médicas, para el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de diversos padecimientos, sobre todo en aquéllos que son los de mayor interés a nivel mundial.

La EPOC se encuentra entre las principales causas de muerte en México, y representa un conjunto de enfermedades crónicas de interés internacional, por su alto nivel de prevalencia y mortalidad. Esta enfermedad ha sido relativamente abordada por la e-Salud, que se ha enfocado más en otro tipo de padecimientos crónicos.

La necesidad de una atención a largo plazo de los pacientes con EPOC, misma que se vio agravada por la pandemia de COVID-19, y la seria afectación a la calidad de vida del paciente, en conjunto con los altos costos que representa el tratamiento, tanto para el sistema de salud como para la familia de quienes lo padecen, ha generado el interés por desarrollar una herramienta de e-Salud que permita mejorar y extender los servicios de fisioterapia pulmonar, a través de la prescripción asistida de esquemas personalizados que permiten la disminución de los síntomas y la mejora a la tolerancia al ejercicio en estos pacientes.

Para ello, el presente trabajo propone un sistema recomendador de fisioterapia pulmonar aplicando el razonamiento basado en casos, el cual fue diseñado, verificado y validado, con el apoyo de un especialista de seguimiento y un grupo de 10 expertos en el área. Esto ha permitido el cumplimiento del objetivo

162

general a través de la realización de los objetivos específicos establecidos, de la manera en que se muestra en la tabla 75.

Tabla 75. Cumplimiento de objetivos.  
OBJETIVO ESPECÍFICO

CÓMO FUERON CUMPLIDOS

Analizar el estado del arte identificando las técnicas aplicadas en la construcción de Razonadores Basados en Casos en el ámbito médico, para elegir la adecuada a la prescripción en casos de EPOC.

Se realizaron dos RSL para identificar el uso de los RBC en el ámbito médico en general y también enfocados exclusivamente a padecimientos respiratorios, el primero publicado en un artículo en extenso (Hernández González, et al., 2021a).

Definir la representación de los casos para la base de conocimientos en la prescripción de fisioterapia pulmonar en pacientes EPOC, con base a guías clínicas nacionales e internacionales.

Mediante el análisis de las principales guías clínicas nacionales e internacionales y con el apoyo del experto en seguimiento, se detalló la estructura de los casos, misma que se refinó en su diseño, con el apoyo de dos encuestas realizadas a diez expertos en el área.

Implementar el mecanismo de recuperación y reutilización de casos prescritos, para seleccionar la potencial solución a un nuevo caso bajo prescripción de fisioterapia para un paciente EPOC.

Con la ayuda del framework de jCOLIBRI se implementó el RBC, incluyendo una interfaz gráfica para su manipulación vía web, generándose los Derechos de Autor como programa de cómputo (Hernández González, et al., 2021b), además de la



evaluación de las tecnologías de implementación se presentó un cartel (Hernández González, et al., 2021c).

Diseñar la estrategia básica de ajuste a la solución propuesta en la recomendación de fisioterapia para atender al nuevo caso EPOC.

Con ayuda del especialista en seguimiento, se definieron las premisas de adaptación, así como también la implementación de la interfaz gráfica para permitir el ajuste por parte del experto.

Definir el proceso de retención de casos que enriquezcan la base de conocimiento para mejorar futuras recomendaciones de fisioterapia en pacientes EPOC.

Con ayuda del especialista en seguimiento, se definieron las políticas de retención de casos.

Evaluar la fiabilidad del Razonador Basado en Casos, para identificar mejoras en la propuesta.

Se realizaron dos pruebas, la primera con un enfoque cualitativo, que constó de cuatro casos en la base de conocimientos y tres para poner a prueba. La segunda prueba con enfoque cuantitativo, que constó de 30 casos para la base de conocimiento y diez casos puestos a prueba.

Después de realizado el trabajo, a continuación se plantean las conclusiones generales.

163

Sobre las plataformas y métodos:

- La arquitectura del prototipo (básicamente cliente-servidor representada en capas), facilitará en cierta medida, futuros cambios y/o adaptaciones, previendo el crecimiento o incorporación del sistema a una plataforma de mayor alcance.
- El uso de jCOLIBRI permitió la implementación efectiva de los métodos para el cálculo de la similitud, incorporándose a la interfaz web de manera sencilla aplicando el reúso de software e incorporando de el manejador de base de datos MaríaDB, sin mayor problema.
- La participación de un panel de 10 expertos permitió la definición de la estructura de los casos y la solución, de una manera coherente y consensada, así como el establecimiento de los pesos ponderativos en función de la praxis.
- El uso del estándar ISO/IEC 25012 posibilitó la evaluación de la calidad de los datos en la base de conocimiento para la prueba y valorar la importancia de

explorar las técnicas de mejora de completitud, ya que, en el ámbito médico nacional, es muy común la falta de información, sobre todo de ciertos estudios sobre el paciente.

- La prueba con enfoque cualitativo realizada en este trabajo sirvió para evaluar la fiabilidad del sistema de manera analítica, con el apoyo por parte del especialista de seguimiento, lo cual implicó un reto pues el concepto de similitud matemática no es cercano al dominio médico, sin embargo, la comprensión de métricas derivadas de la aplicación de matriz de confusión, si lo es, lo que ayudó al proceso de verificación.
- El proceso aplicado en la prueba cualitativa, también fue de utilidad para la definición de las premisas de adaptación de los casos y buenas prácticas que los expertos deben tomar en cuenta al utilizar el sistema, permitiendo una mejor toma de decisiones y un ajuste de las recomendaciones obtenidas, definiéndose a su vez el perfil de efectividad.

Sobre el sistema diseñado:

164

- Con una precisión del 92% y un recall de 93%, la prueba cuantitativa demuestra que el sistema tiene un buen rendimiento en la recomendación de fisioterapia pulmonar.
- Con una precisión del 75% y un recall del 77%, la prueba cuantitativa también permite suponer un rendimiento adecuado a un sistema de soporte a decisiones con ajuste experto, y una buena expectativa al alimentar de manera consistente conocimiento que integre la fisioterapia/acondicionamiento físico y otros tratamientos.

Sobre la naturaleza del trabajo:

- El trabajo desarrollado ha integrado los métodos y técnicas propios de la Inteligencia Artificial, así como las tecnologías y marcos de desarrollo del Cómputo en la Nube, en ese sentido interdisciplinar, se resuelve el problema planteado del dominio de la e-Salud, para lo cual el trabajo colaborativo y multidisciplinar con los expertos en medicina de rehabilitación pulmonar, fisioterapeutas e inhaloterapeutas, permitió el desarrollo de una tecnología con potencial competitivo.

Sobre la LGAC Cómputo en la nube:

- Uno de los factores clave en los sistemas que se acceden vía Internet, es el rendimiento, por lo que, al implementar soluciones como la presente propuesta, es importante considerar la evaluación del impacto que tendrá el crecimiento en los datos, y su potencial efecto sobre la escalabilidad, velocidad e incluso estabilidad. El análisis de complejidad del algoritmo utilizado para la recuperación de soluciones, explora los parámetros de viabilidad técnica y operativa, así como sentar las bases para la identificación de necesidades de infraestructura que pueden presentar las aplicaciones de la e-Salud de este tipo.
- El trabajo contribuye con el diseño e implementación de una arquitectura cliente-servidor alojada en la nube y aplicada al dominio de la e-Salud en el país, basada en software libre, ante la perspectiva de la integración de una plataforma de

mayor alcance que incorpore el sistema de recomendación de fisioterapia pulmonar a pacientes con EPOC.

Sobre los Pronaces:

- En cuanto al Pronaces-Salud, el prototipo del sistema carEPOC aporta una herramienta de apoyo al personal de salud en el manejo y control de la EPOC, la cual se encuentra dentro de las primeras 10 causas de muerte en el país, con una solución viable.

Sobre la investigación, desarrollo tecnológico e innovación:

- La tecnología desarrollada, se evaluó por los TRL (Apéndice I), identificándose el nivel alcanzado, lográndose cumplir con un nivel tres (Investigación de Laboratorio), quedando pendiente realizar un benchmarking actualizado de patentes a nivel nacional e internacional. También se ha cumplido parcialmente con el nivel cuatro del Desarrollo Tecnológico, faltando los aspectos relativos a la validación del mercado.

Teniendo en cuenta lo anterior y recordando la hipótesis planteada, el sistema carEPOC, permite generar una recomendación personalizada correctamente y de acuerdo con las características de cada paciente, divididas en cinco categorías, la precisión obtenida es buena y ha sido aceptada por los criterios de efectividad establecidos.

#### TRABAJOS FUTUROS

A lo largo de la investigación surgieron nuevos retos fuera del alcance del presente trabajo, además, se hace necesaria la continuidad del mismo y su integración a una plataforma que incorpore esquemas adicionales de atención a pacientes EPOC, por lo que a continuación se enlistan los principales trabajos futuros:

1. Los casos recolectados para las pruebas fueron casos reales documentados y revisados por la especialista de seguimiento, como base para una prueba acotada. El siguiente paso es realizar pruebas en un entorno próximo al real de la praxis del experto, así como también en entornos de mayor magnitud.
2. Dada la complejidad algorítmica del núcleo recomendador, el tiempo de respuesta del sistema puede aumentar de manera exponencial ante un crecimiento en el número de casos almacenados, por lo cual se requiere hacer un estudio más profundo de escalabilidad y mantenimiento del sistema.
3. Se han definido las premisas de adaptación y buenas prácticas, así como también el perfil de efectividad que incluye las políticas de retención de casos, las cuales han sido aplicadas de manera manual, se espera en un futuro que estas premisas y políticas se encuentren de forma automatizada en el sistema, para una mejor experiencia del usuario y el aseguramiento de la calidad de la información.
4. La explicabilidad es un aspecto clave que se ha identificado a lo largo de esta investigación, el cual se ha explorado y abordado en un esquema básico, sin embargo, se necesita realizar un estudio más profundo para mejorar este aspecto crítico para la aceptación por parte del mercado potencial.
5. El tratamiento de datos faltantes demostró su utilidad para un arranque en frío en este tipo de sistemas, no obstante, sería recomendable explorar y contrastar, otros métodos que mejoren este proceso.
6. El trabajo ha sido orientado a pacientes con EPOC, sin embargo y como se

mencionó en la investigación, estos tratamientos también resultan útiles para pacientes post COVID-19. A pesar de que el sistema puede ayudar también en este caso, un trabajo futuro es evaluar si las características de ambos pacientes son lo suficientemente similares, para la correcta operación del sistema, y en caso contrario, ajustar la estructura para que funcione para ambas condiciones. 7. Un aspecto que desde el planteamiento del trabajo quedó excluido, fue la evaluación de la efectividad de los tratamientos recomendados por la mejora observada en el paciente, esto deberá ser incluido en la siguiente versión del sistema.

167

carEPOC, forma parte de un sistema completo enfocado a una rehabilitación integral del paciente, que va desde su prescripción hasta su ejecución. El siguiente paso después de las mejoras mencionadas, es la incorporación con la aplicación que mediante el procesamiento de imagen lleva a cabo los ejercicios prescritos, para su unificación y contar así con un sistema integral, que posteriormente pueda dar seguimiento a la evolución del paciente a largo plazo.

168

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmed, I. M., Alfonse, M., Aref, M., y Salem, A.-B. M. (2015). Reasoning Techniques for Diabetics Expert Systems. *Procedia Computer Science*, 65, 813–820. doi:10.1016/j.procs.2015.09.030

Alcázar, B., García-Polo, C., Herrejón, A., Ruiz, L. A., de Miguel, J., Ros, J. A., ... y Miravittles, M. (2012). Factores asociados a la hospitalización por exacerbación de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Archivos de Bronconeumología*, 48(3), 70-76.

Al-Shorbaji, N. (2020). La eSalud y la información de la salud @WHO/HQ. Organización Panamericana de la Salud Recuperado de: [https://www.paho.org/ict4health/index.php?option=com\\_content&view=article&id=32:ehealth-and-health-informatics-who-hq-by-najeeb-al-shorbaji-director-of-the-department-of-knowledge-management-and-sharing-world-health-organization-who&Itemid=226&lang=es](https://www.paho.org/ict4health/index.php?option=com_content&view=article&id=32:ehealth-and-health-informatics-who-hq-by-najeeb-al-shorbaji-director-of-the-department-of-knowledge-management-and-sharing-world-health-organization-who&Itemid=226&lang=es)

Blanco-Fernández, Y., López-Nores, M., Gil-Solla, A., Ramos-Cabrer, M., & Pazos-Arias, J. J. (2011). Exploring synergies between content-based filtering and spreading activation techniques in knowledge-based recommender systems. *Information Sciences*, 181(21), 4823-4846.

Cabrera Hernández, M., Paderní López, M., Hita Torres, R., Delgado Ramos, A., Tardío López, M., y Derivet Thaureaux, D. (2012). Aplicaciones médicas como ayuda al diagnóstico en la medicina. *Experiencia SOFTEL-MINSAP. Revista Cubana de Informática Médica*, 4(2), 1–19.

Cáceres Bartrolí, G. (2018). Estudi i implementació de mètodes per a la resolució del problema Cold-Start en un sistema CBR en el camp de la diabetis de tipus 1.

Calandriello, L., y Walsh, S. L. (2021). Artificial intelligence for thoracic radiology:

from research tool to clinical practice. *European Respiratory Journal*, 57(5).  
Caro Martínez, M. (2022). Sistemas de recomendación y explicaciones basados en grafos de interacción.

169

Chattopadhyay, S., Banerjee, S., Rabhi, F.A. y Acharya, U. R. (2013). A Case-Based Reasoning system for complex medical diagnosis. *Expert Systems* 30(1). pp. 12-20. doi.org/10.1111/j.1468-0394.2012.00618.x

Colegio Mexicano en Terapia Respiratoria y Rehabilitación Pulmonar [CMTRRPAC] (2021). | Colegio Mexicano en Terapia Respiratoria y Rehabilitación Pulmonar AC. EPOC. <https://cmtrrpac.com>

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [CONACYT]. (2021). Programas Nacionales Estratégicos. <https://conacyt.mx/pronaces/>

Cox, N. S., Oliveira, C. C., Lahham, A., y Holland, A. E. (2017). Pulmonary rehabilitation referral and participation are commonly influenced by environment, knowledge, and beliefs about consequences: a systematic review using the Theoretical Domains Framework. *Journal of Physiotherapy*, 63(2), 84-93. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2017.02.002>

Darabi, S. A., y Teimourpour, B. (2017). A Case-Based-Reasoning System for Feature Selection and Diagnosing Asthma. En *Handbook of Research on Data Science for Effective Healthcare Practice and Administration* (pp. 444-459). IGI Global.

El-Fakdi, A., Gamero, F., Meléndez, J. Auffret, V. y Haigron, P. (2014). eXITCDSS: A framework for a workflow-based CBR for interventional Clinical Decision Support Systems and its application to TAVI. *Expert Systems with Applications*. 41(2014), pp 284-294.

Espinoza Bautista, J. R., Álvarez Ballesteros, S., y Romero-Castro, M. (2017). mHealth indispensable para la salud de los mexicanos. *Científica*, 21(1), 25-34.

Evans-Romaine, K., y Marling, C. (2003). Prescribing exercise regimens for cardiac and pulmonary disease patients with CBR. In *Workshop on CBR in the health sciences at 5th international conference on case-based reasoning (ICCBR-03)* (pp. 45-62).

Fernández-Rojas, M. A., Esparza, M. A. L.-R., Romero, A. C., Calva-Espinosa, D. Y., Moreno-Camacho, J. L., Langle-Martínez, A. P., ... Alcántar-Fernández, J. (2021). Epidemiology of COVID-19 in Mexico, symptomatic profiles and

170

presymptomatic people. *International Journal of Infectious Diseases : IJID : Official Publication of the International Society for Infectious Diseases*. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.12.086>

Fkih, F. (2021). Similarity measures for Collaborative Filtering-based Recommender Systems: Review and experimental comparison. *Journal of King Saud University- Computer and Information Sciences*.

Fleitas, N. S., Alvarado, T. R., Lorenzo, M. G., & Quesada, A. R. (2016). Medidas de similitud para los componentes de la ontología de la Unión Eléctrica. XVI Convención y Feria Internacional Informática. GAIA. (s. f.). GAIA - jCOLIBRI. jCOLIBRI.

<https://gaia.fdi.ucm.es/research/colibri/jcolibri/>  
Global Initiative for Chronic Obstructive Lung [GOLD], (2020). Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease 2021 report. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease.  
González, Oscar y Jacques, Sergio. (2017). Estado del arte en los sistemas de recomendación. Research in Computing Science. 135. 25-40. 10.13053/rcs-135-1-2.  
Govindan, V., Balakrishnan, V. y Loo, H. (2012). Using Rule-Based Reasoning and Object-Oriented Methodologies to Diagnose Diabetes. Journal of Social Sciences, 8(1), 66-73. <https://doi.org/10.3844/jssp.2012.66.73>  
Grupo de EPOC de la Fundación Española de Medicina Interna. (2018). Libro de Casos Clínicos-Comunicaciones XIII REUNIÓN EPOC. S&H Medical Science Service. ISBN: 978-84-09-00341-9  
Guessoum, S., Laskri, M. T., y Lieber, J. (2014). RespiDiag: a case-based reasoning system for the diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease. Expert Systems with Applications, 41(2), 267-273.  
Guessoum, S., y Khadir, M. T. (2012). Combining Case and Rule Based Reasoning for the Diagnosis and Therapy of Chronic Obstructive Pulmonary Disease.  
Hasenstab, K. A., Yuan, N., Retson, T., Conrad, D. J., Kligerman, S., Lynch, D. A., ... y COPDGene Investigators. (2021). Automated CT staging of chronic obstructive pulmonary disease severity for predicting disease progression and

171

mortality with a deep learning convolutional neural network. Radiology: Cardiothoracic Imaging, 3(2), e200477.  
Hernández González, C. R., Cerdán, M. A., & Rodríguez Franco, R. (2021a). Razonamiento basado en casos en la E-salud para enfermedades crónicas: revisión sistemática de literatura. En COVEICYDET (Ed.), Investigación Pura y Avances Tecnológicos. Aportación al Desarrollo Educativo y Social en México. (1.a ed., pp. 216–226).  
Hernández González, C. R., Cerdán, M. A., & Rodríguez Franco, R. (2021b). Software de Recuperación de casos para la recomendación de fisioterapia pulmonar en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (03–2021-121509181100-01). Registro Publico de Derechos de Autor.  
Hernández González, C. R., Cerdán, M. A., & Rodríguez Franco, R. (2021c). Evaluación de tecnologías para construcción de razonadores basados en casos en la E-Health. Póster presentado en el 3er Congreso Internacional Multidisciplinario #EsCuestiónDelIngenio 2021 "Enfrentando la pandemia con creatividad e intelecto", Veracruz, Mx.  
Hug, S., Cavalheri, V., Gucciardi, D. F., Norman, R., y Hill, K. (2020). OPTImising the implementation of pulMonyary rehAbiLitation in people with chronic obstructive pulmonary disease (the OPTIMAL study): mixed methods study protocol. BMC Pulmonary Medicine, 20(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12890-020-01322-4>  
INEGI. (2019). Características de las defunciones registradas en México durante 2018. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2019/EstSociodem/DefuncionesRegistradas2019.pdf>  
Instituto Mexicano de Seguro Social [IMSS]. (2014). Guía de Referencia Rápida. Diagnóstico y tratamiento de la Enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Catálogo Maestro de Guías de Práctica Clínica, 1. [http://inger.gob.mx/pluginfile.php/96260/mod\\_resource/content/355/Archivos/Dip\\_Medicina\\_geriatrica/MODULO\\_IV/UNIDAD\\_1/43.%20Gu%C3%ADA%20e%20referencia%20r%C3%A1pida.%20Diagn%C3%B3stico%20y%20Tratami](http://inger.gob.mx/pluginfile.php/96260/mod_resource/content/355/Archivos/Dip_Medicina_geriatrica/MODULO_IV/UNIDAD_1/43.%20Gu%C3%ADA%20e%20referencia%20r%C3%A1pida.%20Diagn%C3%B3stico%20y%20Tratami)

ento%20de%20la%20Enfermedad%20Renal%20Cr%C3%B3nica%20Tempra  
na.pdf

Instituto Mexicano del Seguro Social [IMSS] (2010). Diagnóstico y Tratamiento de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva. México. Disponible en:

<http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/037GER.pdf>

Isinkaye, F. O., Folajimi, Y. O., y Ojokoh, B. A. (2015). Recommendation systems: Principles, methods and evaluation. *Egyptian Informatics Journal*, 16(3), 261–273. doi:10.1016/j.eij.2015.06.005.

ISO 25000. (s. f.). ISO/IEC 25010. ISO 25000 calidad de software y datos. <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>

Jain, G., Mahara, T., & Tripathi, K. N. (2020). A survey of similarity measures for collaborative filtering-based recommender system. In *Soft computing: theories and applications* (pp. 343-352). Springer, Singapore.

Jin, C., Chen, W., Cao, Y., Xu, Z., Tan, Z., Zhang, X., ... y Feng, J. (2020).

Development and evaluation of an artificial intelligence system for COVID-19 diagnosis. *Nature communications*, 11(1), 1-14.

Jorro-Aragoneses, J. L., Diaz-Agudo, B., & Recio-Garcia, J. A. (2014). CBR tagging of emotions from facial expressions. *Case-Based Reasoning Research and Development (ICCBR)*, Springer.

Joyanes Aguilar, L.. (2019). *Computacion en la nube: estrategias de cloud computing en las empresas*. Place of publication not identified: Alfaomega Grupo Editor.

Knox, L., Gemine, R., Rees, S., Bowen, S., Groom, P., Taylor, D., ... Lewis, K. (2020). Using the Technology Acceptance Model to conceptualise experiences of the usability and acceptability of a self-management app (COPD.Pal@) for Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Health and Technology*, (0123456789). <https://doi.org/10.1007/s12553-020-00494-7>

Kouamé, K. M., y Mcheick, H. (2021). An ontological approach for early detection of suspected covid-19 among copd patients. *Applied System Innovation*, 4(1), 21.

Laurenza, E., Quintano, M., Schiavone, F. y Vrontis, D. (2018). The effect of digital technologies adoption in healthcare industry: a case based analysis. *Business Process Management Journal*. 24(5). doi.org/10.1108/BPMJ-04-2017-0084.

Li, L., Qin, L., Xu, Z., Yin, Y., Wang, X., Kong, B., ... y Xia, J. (2020). Using artificial intelligence to detect COVID-19 and community-acquired pneumonia based on pulmonary CT: evaluation of the diagnostic accuracy. *Radiology*, 296(2), E65-E71.

Lika, B., Kolomvatsos, K., & Hadjiefthymiades, S. (2014). Facing the cold start problem in recommender systems. *Expert Systems with Applications*, 41(4), 2065–2073. doi:10.1016/j.eswa.2013.09.005

Lorenzi, et al. (2017). Tailoring Training for Obese Individuals with Case-Based Reasoning. *Clinical Databases and Information Systems. ACM-BCB'17*. pp. 20-23.

Lozano, L., y Fernández, J. (2008). *Razonamiento basado en casos: Una visión general*.

Luna-Victoria, M.A. (2016). *Sistema de razonamiento basado en casos, para la*

mejora de atención de salud en un centro rural. (Tesis de Maestría).  
Recuperado de  
[http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5690/Aguilar\\_Ivm.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5690/Aguilar_Ivm.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
MariaDB. (2019). MariaDB Foundation. MariaDB.Org. <https://mariadb.org/>  
Mayo Clinic. (2021). EPOC - Diagnóstico y tratamiento - Mayo Clinic.  
<https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/copd/diagnosis-treatment/drc-20353685>  
Mei, X., Lee, H. C., Diao, K. Y., Huang, M., Lin, B., Liu, C., ... y Yang, Y. (2020). Artificial intelligence-enabled rapid diagnosis of patients with COVID-19. *Nature medicine*, 26(8), 1224-1228.  
Montes de Oca, M., et al., (2019). Guía de práctica clínica Latinoamericana de EPOC-2019. Disponible en: <https://alatorax.org/es/guias/guia-de-practica-clinica-latinoamericana-de-epoc-basada-en-evidencia>

174

Morales, H. N., González, J. G., y Armenta, J. R. C. (2016). La Conferencia de Búsqueda como soporte metodológico para generar proyectos de Creación de Valor Compartido para la competitividad. Repositorio de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad, 10.  
Morcillo, C. G. (2011). Lógica Difusa, una introducción práctica. *Técnicas de softcomputing*, 29.  
Muangprathub, J. y Boonjing, V. (2014). Online Thai medical diagnostic system using case-based reasoning. *2014 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*. doi:10.1109/icsec.2014.6978179  
Mukhopadhyay, A., Sreenadh, M, y Anoop, A. (2020). eHealth Applications: A Comprehensive Approach. *2020 International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ic-ETITE)*. Vellore, India, 2020, pp. 1-6, doi:10.1109/ic-etite47903.2020.165  
Nega, A., y Kumlachew, A. (2017). Data mining based hybrid intelligent system for medical application. *International Journal of Information Engineering and Electronic Business*, 9(4), 38.  
Nevárez-Sida A, Castro-Bucio AJ, García-Contreras F, Cisneros-González N. (2017). Costos médicos directos en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva Crónica en México. *Value Health Reg Issues*, Dec;14:9-14. doi: 10.1016/j.vhri.2017.03.004. Epub. Apr 26. PMID: 29254548.  
Nilsson, M., y Funk, P. (2004, August). A case-based classification of respiratory sinus arrhythmia. In *European Conference on Case-Based Reasoning* (pp. 673-685). Springer, Berlin, Heidelberg.  
Normalización y Certificación NYCE. (2020). NOM-024-SSA3-2012 Sistema de Información de Registro Electrónico para la Salud (SIRES). NYCE. <https://www.nyce.org.mx/nom-024-ssa3-2012-sistema-de-informacion-de-registro-electronico-para-la-salud-sires/>  
OMS - Organización Mundial de la Salud. (2020). Enfermedades respiratorias crónicas – Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Recuperado de: <https://www.who.int/respiratory/copd/es/#:~:text=La%20enfermedad%20pulmo>

175



nar%20obstructiva%20cr%C3%B3nica,de%20aire%20en%20los%20pulmone  
s.

OMS. (2021, 13 abril). Enfermedades no transmisibles. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>

Our World in Data. (2022). COVID-19 Data Explorer.

<https://ourworldindata.org/explorers/coronavirus-data-explorer>

Oyelade, O. N., y Ezugwu, A. E. (2020). A case-based reasoning framework for early detection and diagnosis of novel coronavirus. *Informatics in Medicine Unlocked*, 20, 100395. doi:10.1016/j.imu.2020.100395

Oyelade, O. N., y Ezugwu, A. E. (2020). COVID19: a natural language processing and ontology oriented temporal case-based framework for early detection and diagnosis of novel coronavirus.

Peña, V. S. (2001). La rehabilitación respiratoria en el paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Medicina integral*, 37(3), pp. 127-132).

Pérez, M. (2020). México enfrentará déficit de especialistas en rehabilitación pulmonar. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx/politica/Mexico-enfrentara-deficit-de-especialistas-en-rehabilitacion-pulmonar-20200804-0121.html>

Quinde, M., Augusto, J. C., Khan, N., y van Wyk, A. (2020). ADAPT: Approach to Develop context-Aware solutions for Personalised asthma management. *Journal of Biomedical Informatics*, 111, 103586.

Recio-García, J. A., (2008). Una plataforma multi-nivel para la construcción y generación de sistemas de razonamiento basado en casos (Doctoral dissertation, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid).

Recio-García, J. A., Díaz-Agudo, B., Kazemi, A., y Jorro, J. L. (2019). A data-driven predictive system using Case-Based Reasoning for the configuration of device-assisted back pain therapy. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, pp. 1–19. doi:10.1080/0952813x.2019.1704441

Ricci, F., Rokach, L., Shapira, B., y Kantor, P. B. (Eds.). (2011). *Recommender Systems Handbook*. doi:10.1007/978-0-387-85820-3

176

Rigo, A. y Paz, B. (2019). ¿Por qué la rehabilitación respiratoria no llega a todos los pacientes de enfermedad pulmonar obstructiva crónica que lo necesitan?

Revisión de la literatura. *Revista de la Facultad de Medicina*. 67. 325-332.

[10.15446/revfacmed.v67n2.67252](https://doi.org/10.15446/revfacmed.v67n2.67252).

Rodríguez, Paula A, Duque, Néstor D, y Ovalle, Demetrio A. (2016). Método Híbrido de Recomendación Adaptativa de Objetos de Aprendizaje basado en Perfiles de Usuario. *Formación universitaria*, 9(4), 83-94.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062016000400010>

Santibáñez, M. (2020, 24 julio). La importancia de las grandes bases de datos en la investigación de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. EPOCSITE.

<https://epocsite.net/editorial/grandes-bases-datos-investigacion-enfermedad-pulmonar-obstructiva-cronica/>

Secretaría de Gobernación. (2010). Decreto por el que se expide la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares.

Secretaría de Salud (2011). Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA3-2012.

Secretaría de Salud [SS]. (2016). 10 por ciento de la población mexicana padece EPOC. Gobierno de México. [https://www.gob.mx/salud/prensa/10-por-ciento-de-la-poblacion-mexicana-padece-epoc#:~:text=En%20M%C3%A9xico%2C%20el%2010%20por,\(INER\)%2C%20Ra%C3%BAl%20Sanores%20Mart%C3%ADnez](https://www.gob.mx/salud/prensa/10-por-ciento-de-la-poblacion-mexicana-padece-epoc#:~:text=En%20M%C3%A9xico%2C%20el%2010%20por,(INER)%2C%20Ra%C3%BAl%20Sanores%20Mart%C3%ADnez)

Secretaría de Salud [SS]. (2022). Datos Abiertos Dirección General de Epidemiología. Gobierno de México.

<https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-152127>

Smiti, A., y Nssibi, M. (2020). Case Based Reasoning Framework for COVID-19 Diagnosis. *Ingénierie des Systèmes d'Inf.*, 25(4), 469-474.

Sobradillo, V. (2001). La rehabilitación respiratoria en el paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Medicina Integral*, 127-132.

Soe, Z. M. M., Htike, T. T., y Min, M. M. (2019). Case-Based Reasoning System for **Chronic Obstructive Pulmonary Disease** (Doctoral dissertation, MERAL Portal).

177

Srivastava, A., Jain, S., Miranda, R., Patil, S., Pandya, S., y Kotecha, K. (2021). Deep learning based respiratory sound analysis for detection of chronic obstructive pulmonary disease. *PeerJ Computer Science*, 7.

Stitini, O., Kaloun, S., & Bencharef, O. (2022). An Improved Recommender System Solution to Mitigate the Over-Specialization Problem Using Genetic Algorithms. *Electronics*, 11(2), 242.

Sultan, E. (2017). Application Of Case Based Reasoning For Chronic Disease Diagnosis And Treatment (Doctoral dissertation, ASTU).

Tesfaye, Y., y Kifle, K. (2019). Designing an expert system model for pulmonary TB disease diagnose pre-screen laboratory process. *Journal of Medical Laboratory and Diagnosis*, 10(2), 13-18.

Torres-Delis, Y, Smith-Cortes, O., Rodríguez-Gómez, Y., Ferrer-Mclaughlin, A., Martin-Rijo, L. y Arana-Castillo, L. (2011). **Protocolo de rehabilitación respiratoria en el paciente con EPOC moderada y severa**. La Habana, Cuba.: Centro Nacionl de Rehabilitación "Julio Díaz". Disponible en:

<https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubmedfisreah/cfr-2011/cfr111e.pdf>

Valdivieso López, H. F. (2022). Desarrollo y evaluación de un modelo de diseño de visualizaciones para inteligencia artificial explicable.

Vázquez-García, J. C., Hernández-Zenteno, R. de J., Pérez-Padilla, J. R., Cano-Salas, M. del C., Fernández-Vega, M., Salas-Hernández, J., ... Zozoaga-Velázquez, E. G. (2019). **Guía de Práctica Clínica Mexicana para el diagnóstico y tratamiento de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica GUÍA MEXICANA DE EPOC, 2020**. *NCT Neumología y Cirugía de Tórax*, 78(S1), 4-76. <https://doi.org/10.35366/nts191a>

Vázquez-García, J. C., Miguel-Reyes, J. L. y García-Torrentera, R. (2013). La formación de profesionales en Terapia Respiratoria. Una gran deuda de la medicina respiratoria en México. *Neumol Cir Torax*, 72(4), pp 266-268.

Viktoratos, I., Tsadiras, A., & Bassiliades, N. (2018). Combining community-based knowledge with association rule mining to alleviate the cold start problem in context-aware recommender systems. *Expert Systems with Applications*, 101, 78-90. doi:10.1016/j.eswa.2018.01.044

178

Wong, L. R. (2012). **Un modelo de Razonamiento Basado en Casos para la Captación de Requisitos en el desarrollo de proyectos de software**.

Apéndice A. Revisión sistemática de la literatura.

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

Apéndice B. Matriz de extracción de características con base a guías clínicas

ELEMENTOS EN LAS GUÍAS DE ATENCIÓN VALORES/CRITERIOS JUSTIFICACIÓN ESCALA DE VALORES

40 años en adelante

Se consideran todas las personas de 40 años o más donde los síntomas están presentes o con historial de exposición a los factores de riesgo (GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Presencia

Disnea, síntoma más importante

Progresiva, empeora durante el ejercicio, persistente [2].  
Con grado de 0-1

Tos crónica Presencia

Exacerbaciones Presencia

Espujo Presencia

Sibilancias Presencia

Expectoración, pérdida de peso, limitación del ejercicio físico, Infecciones del tracto respiratorio recurrentes, opresión en el pecho

Presencia

Tabaquismo

Fumador leve: consume menos de 5 cigarrillos diarios.

Fumador moderado: fuma un promedio de 6 a 15 cigarrillos diarios.

Fumador severo: fuma más de 16 cigarrillos por día en promedio.

Disminución en el índice de masa corporal  $IMC = \text{peso [kg]} / \text{talla}^2$

Exposición al humo o contaminación intra/extra muros

Presencia

Exposición al combustible biomasa Humo biomasa, OR 2.44, IC 95% 1.9-3.33 GMEPOC

La tuberculosis (TB) es un factor de riesgo para la obstrucción al flujo de aire

Presencia

Asma Presencia

Desarrollo pulmonar anormal, envejecimiento acelerado

Presencia

Las exposiciones ocupacionales, incluidos polvos

Presencia

La deficiencia de  $\alpha$ -1 antitripsina (DAAT/ AADT)

Con valores inferiores a de AAT  $\leq 100$  mg/dL se deben

completar los estudios con determinación de fenotipo y genotipo

El gen que codifica la metaloproteinasa 12 de la matriz y la glutatión s-transferasa, se han relacionado con una disminución de la función pulmonar o el riesgo de EPOC

#### Presencia

Las principales guías nacionales e internacionales identifican como los síntomas para sospecha en el EPOC, la disnea que se clasifica como el síntoma más importante de esta enfermedad (Alvarado, et al., 2014; Vázquez-García, et al., 2019), además de otros síntomas como la tos crónica, la producción de esputo, las sibilancias y las exacerbaciones (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019). La mayoría de estas guías también consideran aspectos a tomar en cuenta de manera secundaria, la expectoración, pérdida de peso, la limitación del ejercicio físico, las infecciones del tracto respiratorio recurrentes, la opresión en el pecho, y otros.

Se han identificado factores genéticos que podrían estar relacionados directamente con la EPOC, estos son la deficiencia de  $\alpha$ -1 anti tripsina (DAAT/ AADT) y el gen que codifica la metaloproteinasa 12 de la matriz y la glutatión s-transferasa se ha asociado con la disminución de la función pulmonar y el riesgo de EPOC. (GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019)

#### SÍNTOMAS

#### CARACTERIZACIÓN DEL PACIENTE

#### EDAD

#### FACTORES DE RIESGO

Los factores de riesgo son aquellas condiciones que pueden hacer que una persona desarrolle cierta enfermedad. En este caso para la EPOC existen diferentes factores de riesgo de acuerdo a las diferentes guías, el principal factor de riesgo presente es la exposición al humo del tabaco, así como otras exposiciones a humos o contaminantes intra/extra muros, combustible biomasa, exposiciones ocupacionales, agentes químicos, etc. De igual forma existen factores de riesgo individuales como la disminución del índice de masa corporal, desarrollo pulmonar anormal, envejecimiento acelerado, al asma o la tuberculosis. Con la presencia de estos factores de riesgo y además una edad de 40 años o más, se debe considerar el diagnóstico de la enfermedad, con o sin síntomas respiratorios. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al.,

#### FACTORES GENÉTICOS

escala de la disnea relacionada al ejercicio de Medical Council Reserch

Grado de 0-5

COPD Assessment Test (CAT)

La puntuación varía de 0 a 40, y tiene 8 elementos

VEF1

VEF1/CVF

La medición del VEF1 (volumen espiratorio forzado en un segundo) sirve para establecer el diagnóstico de EPOC, así como también establece la gravedad de la enfermedad. La presencia de obstrucción del flujo de aire se establece cuando VEF1 se encuentra por debajo del 80% o bien si el VEF1/CVF es menor a 0.7.

VEF1 por debajo de 80%, o si VEF1/CVF < 0.7

Oximetría

Evaluar la desaturación de oxígeno

La oximetría de pulso (SpO2) es de utilidad para evaluar la desaturación de oxígeno en la sangre, obteniendo así la gravedad de los pacientes. De igual forma sirve para identificar los pacientes candidatos a la oxigenoterapia. (GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Presencia

Índice BODE

Se basa en cuatro grandes puntos: IMC, C6M, FEV Y DISNEA (mMRC)

Índice creado para el acrónimo Body mass index, Obstruction, Dyspnea and Exercise, por sus siglas en inglés. El índice BODE fue creado para predecir con mayor certeza la mortalidad en la EPOC. Este índice utiliza variables como el índice de masa corporal (IMC), C6M, FEV y Disnea, haciéndolo de gran valor para el pronóstico, de fácil medición, no invasivo y de bajo costo. La puntuación del índice oscila de 0 como el mejor pronóstico a 10 como el peor pronóstico. Su uso va desde el pronóstico, seguimiento y evaluación de programas de rehabilitación pulmonar ( GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Su puntuación oscila entre 0 (mejor pronóstico) y 10 (peor pronóstico).

Caminata de 6 minutos

Identificar la salud del paciente

La prueba de caminata de 6 minutos (C6M), es un indicador para identificar

la salud del paciente y poder predecir un diagnóstico. Esta prueba sirve para evaluar la tolerancia al esfuerzo y determinar el índice BODE. De igual manera la 6MWT es aplicada para medir el efecto de los programas de rehabilitación pulmonar y otras intervenciones terapéuticas. (GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Índice de masa corporal

Un IMC menor a 20 kg/m<sup>2</sup> o mayor a 30 kg/m<sup>2</sup> se asocia con peor calidad de vida, mayor disnea, menor distancia recorrida en la prueba de caminata de seis minutos (C6M) y mayor expresión clínica de las comorbilidades

El IMC es un indicador para la calidad de vida del paciente con EPOC, este será asociado con una mayor mortalidad si se encuentra menor a 20 kg/m<sup>2</sup> o mayor a 30 kg/m<sup>2</sup>, además se relaciona directamente con una peor calidad de vida, mayor disnea, menor puntaje en la prueba de caminata de seis minutos y mayor expresión clínica de las comorbilidades. (Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

IMC= peso [kg]/talla [m]<sup>2</sup>). En la EPOC, valores de IMC menores a 20 kg/m<sup>2</sup> se asocian con mayor mortalidad

Identificación de comorbilidades y su impacto clínico y pronóstico

índice COTE

El índice COTE por sus siglas en ingles: Comorbidity y Test. La principal función del índice COTE es la identificación de la carga de comorbilidades en pacientes con EPOC. Para el pronóstico del paciente es un excelente complemento del índice BODE. Una puntuación mayor o igual a 4 puntos aumenta el riesgo de muerte. (Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Cáncer de pulmón, esófago, páncreas y mama (6 puntos), ansiedad (6 puntos), todos los otros tipos de cáncer (2), cirrosis hepática (2 puntos), fibrilación auricular/aleteo (2 puntos) Diabetes con neuropatía ( 2 puntos), fibrosis pulmonar (2 puntos), insuficiencia cardíaca congestiva (1 punto), úlcera gástrica/duodenal (1 punto), enfermedad coronaria (1 punto)

Historial médico

Exposición a los factores de riesgo, historial médico: asma, alergias, rinosinusitis, pólipos nasales, enfermedades respiratorias en la niñez, otras enfermedades respiratorias (crónicas o no). Historial familiar, patrones de desarrollo de síntomas. Historial de exacerbaciones, o previas hospitalizaciones, presencia de comorbilidades, impacto de la enfermedad en la vida diaria, apoyo social y familiar. Historia tabáquica: explorar índice



paquete, año o años sin fumar e intentos previos de abandono.  
Historia laboral: situación laboral, riesgos añadidos al ambiente  
laboral, grado de  
discapacidad

Para realizar un correcto diagnóstico clínico es importante tener un historial clínico en el cual se incluyan la exposición a los factores de riesgo, el historial familiar para identificar patrones de desarrollo de síntomas, historial de exacerbaciones o previas hospitalizaciones, presencia de comorbilidades, Historial del consumo del tabaco, historial laboral y también historial médico para conocer si el paciente tiene asma, alergias, rinositis, pólipos nasales, enfermedades respiratorias en la niñez, entre otras.

Presencia

DIAGNÓSTICO

DIAGNÓSTICO

CLÍNICO

Disnea

Evaluar el grado de la disnea en los pacientes con EPOC es un paso primordial, indispensable en el diagnóstico médico, ya que es uno de los principales determinantes del deterioro de la calidad de vida del paciente (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-

192

imprescindible para el diagnóstico

FEV1/FVC posbroncodilatador < LIN  
< (0.7 en menores de 60 años)

Espirometría forzada para evaluar la gravedad

broncodilatador (FEV1/FVC <0,70  
post-BD)

Biometría  
hemática completa

identificar la presencia de anemia o policitemia

La biometría hemática completa se recomienda para la identificación de anemia o policitemia en los pacientes. No es útil para el diagnóstico sin embargo es útil para identificar la presencia de comorbilidades o respuestas al tratamiento (Vázquez-García, et al., 2019)

No se mencionan valores

Gasometría de  
sangre arterial

(GSA)

identificar gravedad y uso de oxígeno

La gasometría de sangre arterial (GSA) es útil para identificar a los pacientes que necesiten oxígeno suplementario, y esta recomendada en pacientes con obstrucción moderada o leve y pacientes con hipoxemia. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

A nivel del mar o bajas alturas (< 1.500 m sobre el nivel del mar), recomienda su empleo en la evaluación inicial de los pacientes con obstrucción grave, SpO<sub>2</sub> en reposo < 93%. En ciudades situadas en alturas intermedias o grandes (> 1.500 m sobre el nivel del mar) la gasometría arterial está indicada también en pacientes con obstrucción moderada o leve, si hay manifestaciones de hipoxemia y SpO<sub>2</sub> < 90%

Radiografía de torax

Buena práctica para identificar comorbilidades o excluir patologías

Existen pruebas diagnósticas como la radiografía de tórax útiles para otros casos, sin embargo, para el diagnóstico clínico no es recomendada sino más bien como un diagnóstico alternativo. Sirve para identificar comorbilidades: como la bronquitis, fibrosis, entre otras, excluir patologías y realizar diagnósticos diferenciales. Según xx se recomienda la radiografía de tórax para excluir otras enfermedades como lo es el cáncer de pulmón, tuberculosis y otras enfermedades ocupacionales. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Presencia

Tomografía computarizada

practicada cuando los síntomas no concuerdan con los hallazgos en la espirometría, en caso de anomalías vistas en la radiografía de torax, y en pacientes con protocolo de cirugía pulmonar

La tomografía computarizada (TC) es útil para determinar el daño estructural causado en los pulmones por la EPOC. Igualmente se practica cuando los síntomas no concuerdan con los hallazgos de la espirometría, también sirve para definir el grado de enfisema y la presencia de bronquiectasias. (Alvarado, et al., 2014; Montes de Oca, et al., 2019)

Presencia

DLCO = Difusión pulmonar de monóxido de carbono

Capacidad de difusión de monóxido de carbono pulmonar

La capacidad de difusión pulmonar de monóxido de carbono (DLCO) es útil para el diagnóstico diferencial de asma. Provee información del impacto del enfisema en los pacientes con EPOC. La disminución de DLCO se correlaciona con la gravedad del enfisema. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Vázquez-García, et al., 2019)

Menor IMC menor DLCO, pacientes con EP y DLCO menor a 20% no son candidatos a cirugía pulmonar

alfa1 antitripsina, situaciones especiales, Recomendado en todos los pacientes diagnosticados con EPOC gold

Se realiza cuando hay sospechas en pacientes jóvenes (menos de 45 años) con síntomas de EPOC o enfisema, esta prueba se realiza al menos una vez en el paciente en lugares donde el EPOC es de alta prevalencia, en México no es el caso, por lo cual no es una práctica recurrente (GOLD, 2021; Vázquez-García, et al., 2019)

Una concentración baja de menos del 20% de lo normal se considera como una deficiencia

gamagrama ventilatorio perfusorio y citología de esputo

situaciones especiales

En situaciones especiales se debe considerar realizar diferentes estudios para la identificación de padecimientos específicos, algunos otros estudios que se pueden aplicar es el gamagrama ventilatorio perfuso y la citología de esputo. (Alvarado, et al., 2014)

Presencia

Diagnóstico diferencial

Se debe hacer diagnóstico diferencial con otras enfermedades respiratorias que causan limitación al flujo de aire como asma, TB o sus secuelas, neumoconiosis, bronquiectasias, bronquiolitis constrictiva y obstrucción de la vía aérea superior

El diagnóstico diferencial con el asma es importante entre las otras enfermedades por las diferencias en pronóstico y enfoque terapéutico, en el asma la edad de inicio de los síntomas es más temprana y tienen un carácter episódico, predominando las sibilancias, con periodos variables (Montes de Oca, et al., 2019)

Presencia

Hemoglobina y hematocrito

para descartar policitemia asociada a hipoxemia. Este estudio se realiza para descartar policitemia asociada a hipoxemia (Montes de Oca, et al., 2019) No menciona escala

Biomarcadores

No se recomienda el uso rutinario de biomarcadores sanguíneos en la evaluación y seguimiento en todos los pacientes con EPOC

Los biomarcadores “miden y evalúan objetivamente como un indicador de procesos biológicos o patógenos normales o respuestas farmacológicas a intervenciones terapéuticas” GOLD (2021). El incremento de la proteína C reactiva, el fibrinógeno o el recuento de leucocitos son biomarcadores de sangre, los cuales se asocian con el aumento de exacerbaciones, hospitalizaciones y mortalidad. Sin embargo, no se recomienda el uso rutinario de estos en la evaluación y seguimiento de los pacientes con EPOC (Montes de Oca, et al., 2019).

Aplica, no menciona escala

Electrocardiograma presencia de cambios isquémicos, arritmias entre otros

El electrocardiograma y ecocardiograma solo son aplicados con pacientes con EPOC si este presenta indicios de hipertensión pulmonar, El primero es útil para identificar cambios isquémicos, arritmias entre otros, el segundo evalúa los trastornos de movilidad miocárdica, difusión de ambos ventrículos e hipertensión pulmonar. (Montes de Oca, et al., 2019)

Presencia

Angiotomografía pulmonar

descartar la presencia de tromboembolismo pulmonar y otras patologías.

La angiotomografía pulmonar descarta la presencia de tromboembolismo pulmonar y otras patologías como: neumonía, enfisema, fibrosis pulmonar, neoplasias, etc. (Montes de Oca, et al., 2019)

Aplica, no menciona escala

Prueba Psicológica.

El paciente será valorado por el psicólogo en una entrevista inicial exploratoria, para decidir la conducta psicológica a seguir. Como en esta afección respiratoria, las reacciones psicológicas que aparecen, en mayor medida, son la depresión y ansiedad, acompañada de muchos temores, se aplican dos test psicométricos que evalúan estas reacciones.

El psicólogo evaluará en todo momento la conducta psicológica, esta enfermedad respiratoria trae muchas afecciones psicológicas consigo mismo que su principal factor es la depresión, para ello existen test psicométricos especializados que ayudan a conocer mas a fondo esta parte psicológica del paciente. Delis,Y., et al(2011).

Presencia

Evaluaciones

Catell de Ansiedad, Autoescala de Depresión Zung-Conde, trabajadora social, situación social, evaluación ocupacional y vocacional y Se realiza una entrevista (cara cara) que recoge: composición familiar del núcleo e incluye: parentesco, nombre y apellidos, edad, estado civil, escolaridad, ocupación, salario y si existe otra persona en la familia que padezca la misma enfermedad, relaciones familiares y hábitos tóxicos

El principal objetivo del Catell de ansiedad es conocer el nivel de ansiedad que genera la persona y compara el comportamiento

de la ansiedad latente. Autoescala Zung-Conde investiga los rasgos y la frecuencia en la que aparecen características que afectan al paciente, los trabajadores sociales recogen datos primordiales para tener un diagnóstico completo para tener un plan de acción y así llevar un programa especial individualizado. Delis,Y., et al(2011).

Presencia

I leve  $VEF1 \geq 80\%$   $VEF1 \geq 80\%$

II moderada  $VEF1 \geq 50\% < 80\%$   $VEF1 \geq 50\% < 80\%$

III grave  $VEF1 \geq 30\%, < 50\%$   $VEF1 \geq 30\%, < 50\%$

IV muy grave  $VEF1 < 30\%$   $VEF1 < 30\%$

DIAGNÓSTICO

PRUEBAS  
DIAGNÓSTICAS

Espirometría

La realización de la espirometría es imprescindible para el diagnóstico clínico además de ser no invasivo y disponible. Se evalúa comparando con los valores de referencia basados en edad, peso, sexo y raza (GOLD, 2021). Su principal función es medir el aire exhalado del paciente para confirmar o denegar la limitación del flujo de aire. Se confirma la limitación del flujo de aire cuando los valores del broncodilatador  $FEV1/FVC < 0.7$  (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García,

CLASIFICACIÓN

Como se mencionó anteriormente la variable VEF1 sirve para establecer el diagnóstico del EPOC así como su gravedad. VEF1 es de fácil aplicación y no requiere valores de referencia diferentes entre poblaciones, por tal motivo, al comprobar la limitación del flujo del aire, el porcentaje expresado determinara la gravedad de la enfermedad, existiendo 4 grandes niveles, el leve, moderado, grave y muy grave. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

193

Broncodilatadores  
inhalados

**Reduce síntomas y mejora la tolerancia al ejercicio**

En general los broncodilatadores inhalados reducen los síntomas y mejoran la tolerancia al ejercicio, existen diferentes tipos de broncodilatadores los de acción corta: SABA o SAMA y de acción prolongada: LABA o LAMA (Alvarado, et al., 2014; Montes de

Oca, et al., 2019). Sus efectos se muestran en las variables VEF1 ya que estas aumentan, o bien pueden cambiar las variables de la espirometría(GOLD, 2021).

Aplica, no menciona dosis

Terapia inhalatoria acción más rápido, menor dosis, y menos efectos secundarios

La terapia inhalatoria tiene una acción más rápida, además de requerir una menor dosis y menos efectos colaterales (Alvarado, et al., 2014; Vázquez-García, et al., 2019)

Presencia

BDR de acción  
corta

añadirse al tratamiento base

Los broncodilatadores de acción corta se recomiendan a pacientes con EPOC moderada a grave como tratamiento base, los broncodilatadores de acción corta sugeridos son el salbutamol, ipratropio o combinación en aerosol o nebulización, la duración es de 6-8 horas (Alvarado, et al., 2014; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Aplica, no menciona dosis

BDR de acción  
prolongada

pacientes que permanecen sintomaticos

Los broncodilatadores de acción prolongada se recomiendan en aquellos pacientes sintomáticos. Según la guía GMEPOC se recomiendan de primera instancia para el tratamiento del EPOC pues mejoran significativamente la función pulmonar, la disnea y en general la calidad de vida. (Alvarado, et al., 2014; Montes de Oca, et al., 2019)

Aplica, no menciona dosis

2-Agonistas y  
antimuscarínicos

síntomas en la noche

Utilizados en los broncodilatadores (SAMA/ SABA O LABA/LAMA) se encargan principalmente de relajar los músculos de la vía aérea e incrementan la concentración intracelular de AMP-c. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Aplica, no menciona dosis

Tiotropium favorece la reducción de exacerbaciones graves

Su principal función es reducir las exacerbaciones graves en pacientes con EPOC, su uso es de una sola dosis diaria. (Alvarado, et al., 2014)

Aplica, no menciona dosis

Teofilina No debe utilizarse como tratamiento de primera línea

La tofilina es un metilxantina, tiene un efecto broncodilatador mínimo y los efectos también son reducidos, la guía GMEPOC recomienda no utilizarlos como tratamiento de primera línea. ( Vázquez-García, et al., 2019

Aplica, no menciona dosis

Metilxantinas

No se recomienda en EPOC estable

Las metilxantinas se recomiendan como un tratamiento de segunda línea ya que no se recomienda a menos que se haya agotado la terapia convencional o el paciente tenga incapacidad para la terapia inhalatoria. Las metilxantinas incrementan el AMP-c intracelular, y se encargan de relajar el músculo de la vía aérea y pueden actuar como inhibidores no selectivos de la fosfodiesterasa. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Aplica, no menciona dosis

Glucocorticoides EPOC grave y con más de 2 recaídas al año

Los glucocorticoides no se recomiendan en pacientes con EPOC estable, más bien es aplicado a pacientes con EPOC grave o bien si ha tenido más de 2 recaídas al año. No se tiene evidencia de beneficios. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Vázquez-García, et al., 2019)

Aplica, no menciona dosis

Esteroides Cuando posterior a una exacerbación, este no puede ser suspendido

Los pacientes que posterior a una exacerbación no puedan disminuir el uso de esteroides deben recurrir a la dosis mínima tolerable. Los pacientes que se encuentren en tratamiento con esteroides deben ser informados sobre los efectos adversos de la terapia prolongada, así como también se les debe informar porqué, cuándo y cómo suspender el tratamiento. (Alvarado, et al., 2014; Vázquez-García, et al., 2019)

Aplica, no menciona dosis

salmeterol/fluticasona o formoterol/budesonida

mejoría en VEF1 en EPOC grave

De igual forma, existen otros broncodilatadores como el salmeterol o formoterol los cuales muestran una mejoría en el VEF1 de pacientes con EPOC grave. La combinación de salmeterol con teofilina ha demostrado una mejora significativa en la disnea y la función pulmonar en los pacientes con EPOC a diferencia de su uso por separado. (Alvarado, et al., 2014; Vázquez-García, et al., 2019)

Aplica, no menciona dosis

Vacuna antiinfluenza

## Reduce la incidencia de infecciones respiratorias

Se recomienda la vacuna contra la influenza en todos los pacientes con EPOC ya que ayuda a reducir la morbilidad y la mortalidad hasta en un 50% ya que reduce enfermedades graves como infecciones respiratorias que pueden requerir hospitalización y llevar a la muerte del paciente. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Presencia

Vacuna antineumocócica

## Reduce la incidencia de infecciones respiratorias

La vacuna antineumocócica es recomendada a pacientes con 65 años o más, esta vacuna reduce hasta en un 43% las hospitalizaciones y hasta en un 29% las muertes en pacientes (IMSS), al igual que la vacuna anti influenza esta reduce la incidencia de enfermedades respiratorias. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Presencia

Vacuna tdap Se recomienda para proteger a los pacientes que no se hayan vacunado en la adolescencia

Se recomienda la aplicación de la vacuna Tdap (dTAP/dTPa) para aquellos pacientes con EPOC que no se vacunaron en su adolescencia, esta vacuna protege al paciente contra el tétanos, la difteria y la tos ferina o tos convulsiva. (GOLD, 2021)

Presencia

Antibióticos Cuando hay signos de infección

De acuerdo con las diferentes guías señaladas, el uso de antibióticos se recomienda principalmente para la reducción de las exacerbaciones y cuando se presenta incremento de la disnea y esputo, sin embargo, el uso suele ser muy variado y se recomienda únicamente en la presencia de infecciones. El tratamiento varia de acuerdo a la gravedad de la enfermedad (EPOC estable o moderados) y al antibiótico empleado, según la guía GMEPOC se recomienda una duración del tratamiento de 5 a 7 días y en caso del uso continuo rotar los antibióticos, todo esto para evitar la resistencia bacteriana. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Duración de 5 a 7 días

hospitalización por exacerbación

Los corticosteroides son otro tipo de metilxantinas. Están recomendados principalmente para reducir la gravedad de las exacerbaciones y mejorar la función pulmonar, reducir las hospitalizaciones, mejorar la oxigenación y reducir el tiempo de recuperación (Alvarado, et al., 2014; Vázquez-García, et al., 2019). Sin embargo según la guía GOLD (2021), la evidencia in vitro menciona que la respuesta a los corticosteroides esta limitada en la inflamación por EPOC.



Para aquellos pacientes con recuentos de eosinófilos en sangre  $\geq 300$  eosinófilos/ $\mu\text{L}$ , en exacerbadores frecuentes ( $\geq 2$  exacerbaciones que requiera el uso de corticosteroides y/o antibióticos o  $\geq 1$  hospitalizaciones por exacerbación en el último año)

### Duración

La duración del tratamiento se recomienda durante 5 a 7 días y se recomienda prednisona vía oral 30–40 mg/día (Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

30–40 mg/día

### Mucolíticos

Reduce el riesgo de exacerbaciones en pacientes seleccionados

Los mucolíticos son recomendados en pacientes seleccionados, que tengan tos crónica o esputo. La funcionalidad de estos es reducir las exacerbaciones y en general mejorar el estado de salud (GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Aplica, no menciona dosis

### Carbocisteína

En pacientes con exacerbaciones o bronquitis crónica, para el tratamiento de la EPOC estable

La carbocisteína es un mucolítico y esta recomendada para el tratamiento en pacientes con exacerbaciones o bronquitis crónica, reduce las exacerbaciones y en general mejora el estado de salud del paciente. (Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Aplica, no menciona dosis

### Apoyo nutricional

Para mejorar la calidad de vida

El apoyo nutricional es importante en pacientes con mala nutrición ya que esto puede afectar su calidad de vida. Para esto la intervención nutricional ayuda a mejorar la fuerza de los músculos respiratorios, es más efectiva en pacientes desnutridos en combinación con un programa de rehabilitación pulmonar y en general mejora la salud y calidad de vida

### Presencia

Anti-inflamatorios Eficaces para las exacerbaciones

Los anti-inflamatorios son principalmente recetados para las exacerbaciones, múltiples medicamentos recetados en el tratamiento del EPOC tienen este efecto deseado en los pacientes (GOLD, 2021)

Aplica, no menciona dosis

### TRATAMIENTO

#### TRATAMIENTO FARMACOLÓGICO

corticosteroides

## Oxígeno

### suplementario

mejora la supervivencia, mejora la tolerancia al ejercicio, el sueño y la capacidad intelectual, en enfermos con EPOC estadio IV

El oxígeno suplementario es recomendado en pacientes con EPOC grave, busca aumentar la supervivencia, así como también la tolerancia al ejercicio, el sueño y la capacidad intelectual. Se recomienda en pacientes con PaO<sub>2</sub> menor a 55 o SpO<sub>2</sub> menor a 88% en presencia de las siguientes comorbilidades: hipertensión pulmonar, cor pulmonale, arritmias, poliglobulia con hematocrito > 55%, hipoxemia nocturna (desaturación < 90% durante 30% o más del tiempo de sueño) y datos de insuficiencia cardíaca derecha. Además se recomienda un uso no menor de 15 horas al día. (Alvarado, et al., 2014; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

PaO<sub>2</sub> < 55 a 60 mmHg o SpO<sub>2</sub> < 88% . PaO<sub>2</sub> entre 55 a 60 mmHg o SpO<sub>2</sub> > 88% en presencia de alguna o más de las siguientes comorbilidades: hipertensión pulmonar, cor pulmonale, arritmias, poliglobulia con hematocrito > 55%, hipoxemia nocturna (desaturación < 90% durante 30% o más del tiempo de sueño) y datos de insuficiencia cardíaca derecha.

en pacientes con EPOC estable y PaO<sub>2</sub> > 60mmHg y SpO<sub>2</sub> > 90%

- PaO<sub>2</sub> con niveles iguales o por debajo de 55 mmHg (7.3 kPa) o SaO<sub>2</sub> ≤ 88% con o sin hipercapnia confirmada en dos ocasiones en un período de tres semanas.
- PaO<sub>2</sub> entre 55-60 mmHg (7.3- 8.0 kPa), o SaO<sub>2</sub> de 88%, si existe evidencia de hipertensión pulmonar, edema periférico que sugiera insuficiencia cardíaca congestiva o policitemia (hematocrito > 55%).

al menos 15 horas diarias (incluyendo el período de sueño) e idealmente 20 horas diarias

>PsO<sub>2</sub> < 60 mmhg o SaO de > 90% o más

Los pacientes con EPOC que planean realizar un viaje aéreo deben ser evaluados con su médico, principalmente si su función pulmonar (FEV1) es < 50% y la saturación de oxígeno es < 88% o PaO<sub>2</sub> < 70 mmHg

Ventilación mecánica no

invasiva (VMNI)

disminuye la retención de bióxido de carbono

La ventilación mecánica no invasiva (VMNI) es recomendada en pacientes con EPOC que no respondieron a la terapia convencional o que hayan sido hospitalizados por exacerbación, así como también pacientes con insuficiencia respiratoria hipercápnica, su función es disminuir la retención de bióxido de carbono (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019). La Ventilación mecánica Invasiva (VMI) es recomendada solamente si las técnicas iniciales no han funcionado, la mortalidad de los pacientes es variables y se reporta en un rango de 17-49%. ( Vázquez-García, et al., 2019)

Bulectomía

cuando es Efisema Pulmonar heterogéneo y la rehabilitación no ha mejorado la capacidad para realizar ejercicio

La bulectomía es recomendada para pacientes seleccionados y pacientes con efisema pulmonar heterogéneo y cuando la rehabilitación no mejora la tolerancia al ejercicio. La bulectomía reduce la disnea, mejora la función respiratoria y la tolerancia al ejercicio. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021)

Cirugía de  
reducción de  
volumen

Hace los musculos respiratorios más efectivos

La cirugía de reducción pulmonar esta indicada en pacientes con efisema predominante. Su intervención es prioritaria, disminuye la hiperinflación, mejora el flujo respiratorio y hace los músculos respiratorios más efectivos. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021., 2019; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

en pacientes con EPOC grave que presenten: FEV1 < 40%, hiperinflación pulmonar (capacidad pulmonar total > 100% Volumen residual > 150%, test de marcha < 450 metros) disnea mMRC > 3, enfisema heterogéneo predominante en lóbulos superiores con baja capacidad de ejercicio

Transplante  
pulmonar

Mejoría en la función pulmonar

El trasplante pulmonar es para pacientes seleccionados, su principal función es tener una mejora significativa en la función pulmonar, así como también la tolerancia al ejercicio y en general la calidad de vida, sin embargo, esta limitado por los donadores y los costos. La mediana de sobrevivida son 6 años (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019)

FEV1 < 25% del valor predicho, distribución homogénea del enfisema, calificación de BODE > 5-6, hipercapnia (PaCO<sub>2</sub> > 55 mmHg), hipertensión pulmonar y pobre calidad de vida

Dejar de fumar

Cese del uso del tabaco es la clave

El dejar de fumar es un punto clave en los pacientes con EPOC, ya que **es una enfermedad prevenible y dejar de fumar es la** clave, con o sin la enfermedad. Es la intervención más costo-efectiva. El paciente puede ayudarse de programas para el cese del uso del tabaco o con la ayuda de fármacos y nicotina (GOLD, 2021; Montes de Oca, et al., 2019)

#### TRATAMIENTO

El **oxígeno a largo plazo** esta recomendado en pacientes con EPOC estable

La oxigenoterapia a largo plazo esta recomendada en pacientes con EPOC estable, se recomienda su uso al menos 15 horas **diarias incluyendo el período de sueño, e idealmente 20 horas diarias.** En pacientes con la necesidad de salir de su domicilio deben ser prescritos con dispositivos ambulatorios. (Vázquez-García, et al., 2019)

Oxígeno ambulatorio

facilitar el ejercicio y aliviar los síntomas

La oxigenoterapia de forma ambulatoria ayuda principalmente a facilitar el ejercicio y aliviar los síntomas. **Los pacientes deben ser reevaluados después de 60 a 90 días con gasometría arterial o saturación de oxígeno y respiración de oxígeno o aire ambiente para confirmar su indicación.** Además, la oxigenoterapia en general se asocia con la disminución de la mortalidad y es un componente clave del tratamiento hospitalario de las exacerbaciones. (Vázquez-García, et al., 2019)

#### TRATAMIENTO

NO

#### FARMACOLÓGICO

Oxígeno a largo plazo

195

Mejora y

disminuye Mejora la disnea, salud en general y la tolerancia al ejercicio en pacientes estables

Los programas de rehabilitación para pacientes con EPOC son la opción no farmacológica más efectiva, ya que una guía de rehabilitación completa reduce: las hospitalizaciones y los días de hospitalización; los síntomas como la disnea, fatiga, ansiedad, depresión y previene el progreso de la enfermedad; mejora la tolerancia al ejercicio y en general **la calidad de vida de acuerdo con el instrumento Health Related Quality of Life (CRQ).** Además, este tipo de tratamientos reducen los costos sanitarios. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021., 2019; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Mejora la calidad de vida de acuerdo al instrumento

Health Related Quality of Life (CRQ), la capacidad funcional de ejercicio (mejoría en caminata de seis minutos o 49 metros, IC 95% 26 a 72) y la capacidad máxima de ejercicio (mejoría en caminata de seis minutos de 5.4 watts IC 95%, 0.5 a 10.2)

Aplica Todo paciente con EPOC

La rehabilitación en pacientes con EPOC se recomienda en aquellos pacientes que hayan finalizado su tratamiento de exacerbaciones, en el periodo de las tres semanas siguientes del egreso hospitalario, o bien en pacientes donde el mMRC sea mayor o igual a 2 y sea EPOC estable. La rehabilitación pulmonar no se recomienda en pacientes que tengan angina inestable, antecedentes recientes de infarto al miocardio, o durante la hospitalización por exacerbaciones (Alvarado, et al., 2014; Vázquez-García, et al., 2019)

mMRC mayor o igual a 2

Estatus del uso del tabaco, apoyo nutricional, apoyo psicologico, apoyo social

Los programas de rehabilitación incluyen diversos programas entre los que destacan: entrenamiento físico, educación sobre la enfermedad, programas nutricionales, apoyo psicológico y psicosocial, programa para el cese del uso del tabaco, terapia conductual, terapia ocupacional y vocacional, sostén social, entre otros (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021., 2019; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019; Delis, et al., 2011).

### Ejercicio y entrenamiento de las extremidades son los más efectivos

Los programas de entrenamiento físico o fisioterapia respiratoria incluye el ejercicio y entrenamiento de extremidades inferiores y superiores y músculos respiratorios. El entrenamiento de los músculos respiratorios combinado con el entrenamiento de las extremidades resulta más beneficioso para el paciente. (Alvarado, et al., 2014; Vázquez-García, et al., 2019; Delis, et al., 2011)

Modalidad de entrenamiento con peso incrementa la fuerza y masa muscular

La terapia física puede complementarse con entrenamiento de fuerza o mixtos. Los programas con peso y resistencia incrementan la fuerza y masa muscular. (Alvarado, et al., 2014)

Continuación del programa a domicilio permite que los beneficios se preserven

Una vez que el programa de terapia física haya finalizado, el paciente deberá de continuarlo de manera autónoma en su domicilio y de manera indefinida, esto con la finalidad de hacer que los beneficios se preserven. (Alvarado, et al., 2014; Vázquez-García, et al., 2019).

La fisioterapia con máscaras de presión positiva espiratoria

El uso de máscaras de presión positiva espiratoria se debe de considerar en pacientes con EPOC seleccionados con expectoración abundante y como apoyo en el aclaramiento de secreciones (Vázquez-García, et al., 2019).

despues de haber finalizado, los beneficios persisten un promedio de 6 meses

La duración mínima de un programa de rehabilitación pulmonar es de 6 a 8 semanas, sin embargo, programas más de mayor duración dan mejores beneficios, la duración puede variar de acuerdo a cada centro de salud. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

programa de 6-12 semanas produce beneficios que pueden desaparecer a los 12-18 meses si no hay continuidad

Los beneficios de la duración mínima de 6 a 8 semanas tienen beneficios que pueden desaparecer a los 12-18 meses si no se da la continuidad domiciliar correspondiente (Alvarado, et al., 2014; Montes de Oca, et al., 2019). Además, se ha demostrado que al extender la rehabilitación pulmonar a 12 semanas no se obtienen beneficios adicionales. (GOLD, 2021., 2019; Montes de Oca, et al., 2019)

**En general se recomienda un entrenamiento supervisado al menos dos veces por semana**

Se recomienda que se realice la rehabilitación pulmonar supervisada al menos dos veces por semana (GOLD, 2021., 2019; Montes de Oca, et al., 2019).

Aplica personalizada

La rehabilitación pulmonar aplica a todos los pacientes con EPOC, sin embargo, debe ser personalizada según las características de cada paciente con EPOC (Montes de Oca, et al., 2019)

Valoración

Calidad de vida, ejercicios submáximo, ejercicio máximo, cuestionarios calidad de vida, caminata de 6 minutos, shuttle PECP

Para realizar la valoración de los pacientes se deben emplear herramientas de evaluación, existen diferentes cuestionarios entre los que destacan: cuestionarios de calidad de vida, caminata de 6 minutos, índice BODE, Chronic Respiratory Questionnaire (CRQ), pruebas ergométricas máxima limitada por síntomas con cicloergómetro, entre otras. (Alvarado, et al., 2014; Montes de Oca, et al., 2019; Delis, et al., 2011).

**Ejercicios respiratorios**

**Patrón respiratorio costobasal diafragmático ELP/TLF**

**Técnicas de Higiene bronquial**

**Drenaje postural, vibración manual, ELTGOTL, técnica de tos**

**Programa de acondicionamiento físico**  
- entrenamiento físico

**Músculos respiratorios, músculos de MsSs, músculos de MsLs**

Entre los ejercicios para el programa de acondicionamiento o entrenamiento físico destaca: entrenamiento de músculos respiratorios, músculos de MsSs y MsLs, entrenamiento de resistencia, ejercicios de caminata, flexibilidad,

estimulación eléctrica neuromuscular, entrenamiento de resistencia de cuádriceps, movilización precoz de los pacientes. Este entrenamiento se divide en tres fases: calentamiento, entrenamiento de resistencia y fuerza, y estiramientos. (Alvarado, et al., 2014; GOLD, 2021., 2019; Montes de Oca, et al., 2019; Vázquez-García, et al., 2019)

Técnicas para la permeabilización de las vías aéreas más utilizadas en la EPOC.

Técnicas que utilizan el efecto de la gravedad.

- Ejercicio a débito inspiratorio controlado (EDIC)
- Técnicas que utilizan ondas de choque.
- Flutter VRP1 o Cornet.
- Tos dirigida (TD).
- Técnicas de espiración forzada (TEF)
- Ciclo activo respiratorio (CAR)
- Aumento del flujo espiratorio (AFE).
- Espiración lenta total a glotis abierta en lateralización (ELTGOL):

Las técnicas para la permeabilización de las vías aéreas más utilizadas en la EPOC incluyen: técnicas que utilizan el efecto de la gravedad; Ejercicio a débito inspiratorio controlado (EDIC), el cual consiste en colocar el segmento a drenar en posición sobre estante para mantener un volumen pulmonar determinado, localizado y sostenido con un espirómetro, realizando respiraciones con control ventilado; Técnicas con ondas de choque; Flutter VRP1 o Cornet, el cual consiste en presión espiratoria positiva y vibración de alta frecuencia; Técnicas que utilizan la compresión del gas; Tos dirigida, se basa en expulsar las secreciones al exterior, enseña al paciente a toser; Técnicas de espiración forzada (TEF), la cual consiste en una espiración forzada a glotis abierta, con contracción del músculo torácico y abdominales; Ciclo activo respiratorio (CAR), es una técnica la cual consta de tres componentes: ejercicio de expansión torácica, control respiratorio y técnica de espiración forzada; Aumento de flujo respiratorio; Espiración lenta total a glotis abierta en lateralización (ELTGOL), consiste en que el paciente se acueste sobre el lado afectado y el técnico ayuda durante el tiempo espiratorio ejerciendo una presión abdominal, en sentido cefalo-caudal y una presión de oposición sobre la parrilla costal supralateral. (Delis, et al., 2011)

Técnicas de reeducación respiratoria

Ventilación dirigida de Giménez:

- Corrige movimientos paradójicos y asincronismos ventilatorios.
- Se consigue una ventilación natural de tipo diafragmático abdominal.
- Consigue la adquisición de un nuevo ritmo ventilatorio permanente, aumento del
- Volumen corriente y disminución de la frecuencia respiratoria.

Se proponen técnicas de reeducación respiratoria las cuales consisten en los siguientes ejercicios (Delis, et al., 2011):

Ventilación dirigida de Giménez: se encarga de automatizar la coordinación de los movimientos toracoabdominales durante la ventilación espontánea de reposo y de ejercicio.

- Corrige movimientos paradójicos y asincronismos ventilatorios.

- Se consigue una ventilación natural de tipo diafragmático abdominal.
- Consigue la adquisición de un nuevo ritmo ventilatorio permanente, aumento del
- Volumen corriente y disminución de la frecuencia respiratoria.

Cesación tabáquica

La cesación tabáquica reduce el riesgo de exacerbaciones en 20–30%, en especial en aquellos pacientes con mayor duración de abstinencia

Adherencia al tratamiento

La adecuada adherencia al tratamiento, así como el uso correcto de la terapia inhalada reduce el riesgo de exacerbaciones

Programas de auto-cuidado

Los programas de auto-cuidado son también beneficiosos reduciendo el riesgo de hospitalización

Alvarado, et al. (2014) proponen ejercicios respiratorios los cuáles son: Patrón respiratorio, costo basal y diafragmático ELP/TLF como parte de la rutina de ejercicios respiratorios. De igual forma propone técnicas de higiene bronquial como: drenaje postural, vibración manual, ELTGOTL y técnica de tos.

PREVENCIÓN  
EXACERBACIONES

Montes de Oca, et al. (2019) mencionan que para prevenir las exacerbaciones y hospitalizaciones se recomienda: cesación tabáquica, esta ayuda a reducir el riesgo de las exacerbaciones hasta en un 20-30%, especialmente en los pacientes con mayor duración de abstinencia; Adherencia al tratamiento, este es un paso fundamental ya que el tratamiento y la rehabilitación reducen el riesgo de exacerbaciones; Programas de auto-cuidado, estos programas de igual forma reducen el riesgo de hospitalizaciones; Vacunación, existe una evidencia alta y recomendable de la vacunación contra la influenza y el neumococo para reducir enfermedades graves,.

GUÍA DE  
REHABILITACIÓN

Incorpora

REHABILITACIÓN

Duración

TRATAMIENTO



197

198

199

Apéndice D. Resultados del 1er cuestionario aplicado a panel experto.

Respecto al perfil de los especialistas, destacan siete fisioterapeutas y un médico en Rehabilitación Pulmonar, quienes se han mencionado, son pocos en el país.

Figura D1. Área de especialización.

Respecto a que, si actualmente se encontraban en ejercicio de atención directa a pacientes con EPOC, siete especialistas dijeron que sí mientras que tres no se encuentran en ejercicio actual, sin embargo, lo han realizado en el pasado.

Figura D2. Actualmente se encuentra en ejercicio en atención directa a pacientes con EPOC.

En este reactivo se permitió selección múltiple, por lo que se sabe que, de los 10 especialistas encuestados, tres pertenecen al sector público, dos al privado, y cuatro ejercen el ejercicio independiente, mientras que de los 10, cuatro ejercen una combinación entre el sector público, el privado y/o el ejercicio independiente.

200

Figura D3. Sector o sectores en el que labora actualmente.

Respecto a la experiencia de los especialistas atendiendo a pacientes con EPOC se encontró que al menos la mitad tiene más de cinco años de experiencia donde de igual forma se encuentra el medico en rehabilitación pulmonar.

Figura D4. Años en atención a pacientes con EPOC (si hay discontinuidad, la suma de los períodos activos).

A continuación de la Figura D5-D14 se presentan los resultados de las ponderaciones que manifestaron los participantes y que se han considerado.

Figura D5. Evaluación de las características demográficas.

201

Figura D6. Evaluación de las características del diagnóstico.

Figura D7. Evaluación de las características relativas a la sintomatología.

202

Figura D8. Evaluación de las características relativas a los factores de riesgo presentes.

Figura D9. Evaluación de las características al tratamiento del paciente.

Figura D10. Evaluación de las características generales de la fisioterapia.

203

Figura D11. Evaluación de las características de la fisioterapia para el acondicionamiento-entrenamiento físico.

Figura D12. Evaluación de las características de la fisioterapia con técnicas de higiene bronquial.

204

Figura D13. Evaluación de las características de la fisioterapia con técnicas de reeducación respiratoria.

Figura D14. Evaluación de las características de la fisioterapia con técnicas que favorezcan el flujo espiratorio.

205

Apéndice E. Procesamiento de datos del 1er cuestionario aplicado a expertos.

Resultados de la evaluación de las características demográficas.

Tabla E1. Resultados de la escala para las características demográficas.

Resultados de la evaluación de las características del diagnóstico

Tabla E2. Resultados de la escala para las características del diagnóstico.

Resultados de la evaluación de las características relativas a la sintomatología

Edad Género Peso Ocupación

Lugar de  
residencia

Nivel  
socioeconómico

Nivel de  
estudios

Probable 0

Poco  
probable

-1 No Aplica -2 No Aplica -2 Probable 0 Poco probable -1

Poco  
probable

-1

Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2

Poco  
probable

-1 Aplica 2 Muy probable 1 No Aplica -2

Aplica 2

Muy  
probable

1

Poco  
probable

-1 Aplica 2

Muy  
probable

1 Aplica 2 Probable 0

Muy  
probable

1 Probable 0 Probable 0

Muy probable

1

Muy probable

1Muy probable 1Probable 0

Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2

Muy probable

1

No Aplica

-2 No Aplica -2 No Aplica -2 No Aplica -2 Probable 0Probable 0No Aplica -2

Poco probable

-1 No Aplica -2

Muy probable

1No Aplica -2 No Aplica -2 No Aplica -2 No Aplica -2

Muy probable

1Probable 0Aplica 2No Aplica -2

Muy probable

1Probable 0No Aplica -2

Aplica

2Aplica 2Aplica 2No Aplica -2 No Aplica -2 No Aplica -2 No Aplica -2

Muy probable

1No Aplica -2 No Aplica -2 No Aplica -2 Probable 0No Aplica -2 No Aplica -2

Total por item 8 0 2 -8 3-1 -12

Nivel en el que aplican los factores DEMOGRÁFICOS para determinar la Fisioterapia

Respiratoria en un paciente con EPOC.

Disnea con escala de BORG

Disnea con

escala  
mMCR

1RM (Fuerza  
muscular)

VEF1/CVF Oximetría C6M

Índice de  
Masa  
Corporal

Auscultación  
pulmonar  
(secreción)

Muy  
probable

1 Probable 0 Probable 0 Probable 0

Muy  
probable

1

Muy  
probable

1

Poco  
probable

-1

Muy  
probable

1

Aplica 2

Poco  
probable

-1 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Probable 0

Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2

Muy  
probable

1 Aplica 2

Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2

Muy  
probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1Aplica 2Aplica 2Aplica 2

Muy probable

1Aplica 2

Muy probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1Aplica 2Aplica 2Aplica 2

Muy probable

1Aplica 2

Aplica

2Aplica 2Probable 0

Muy probable

1Aplica 2Aplica 2Probable 0

Muy probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1

Aplica

2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2

Aplica

2Aplica 2

Muy probable

1

Muy probable

1Aplica 2

Muy probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1

total por item 16 12 12 15 18 17 10 14

Nivel en el que aplican los RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO para determinar la Fisioterapia Respiratoria en un paciente con EPOC.



Tabla E3. Resultados de la escala para las características relativas a la sintomatología.

Evaluación de las características relativas a los factores de riesgo presentes

Tabla E4. Resultados de la escala para las características relativas a los factores de riesgo presentes.

Evaluación de las características al tratamiento del paciente.

Disnea Tos  
crónica Exacerbaciones Espujo Sibilancias

Expectoración

Pérdida de  
peso

Limitación  
del ejercicio

Infecciones  
del tracto  
respiratorio

Opresión en  
el pecho

Muy  
probable

1

Muy  
probable

1 Probable 0

Muy  
probable

1

Muy  
probable

1Muy probable 1

Poco  
probable

-1

Muy  
probable

1

Muy  
probable

1Probable 0

Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2

Aplica 2Aplica 2Muy probable 1

Muy  
probable

1

Muy  
probable

1Muy probable 1Probable 0Aplica 2Aplica 2

Muy  
probable

1

Muy  
probable

1

Muy  
probable

1Muy probable 1Probable 0Probable 0Muy probable 1Probable 0

Muy  
probable

1

Muy  
probable

1Probable 0

Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2

Muy  
probable

1Aplica 2Aplica 2

Muy probable

1

Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2

Muy probable

1Aplica 2Aplica 2

Muy probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1Muy probable 1

Muy probable

1Probable 0Poco probable -1 Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2

Muy probable

1

Muy probable

1Muy probable 1

Poco probable

-1 Probable 0Poco probable -1

Muy probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1

Aplica

2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2

Poco probable

-1 Aplica 2Aplica 2Aplica 2

Aplica

2

Muy probable

1Muy probable 1Aplica 2Aplica 2Aplica 2

Muy probable

1Probable 0Probable 0Aplica 2

Total por item 16 15 13 12 12 11 615 15 12

Nivel en el  
que aplican  
los  
SÍNTOMAS  
PRESENTES  
para  
determinar  
la  
Fisioterapia  
Respiratoria  
en un  
paciente con  
EPOC.

Tuberculosis  
(TB)

Asma

Probable 0

Muy  
probable

1

Aplica 2Aplica 2

Aplica 2Aplica 2

Poco  
probable

-1 Probable 0

Poco  
probable

-1 No aplica -2

Poco

probable

-1 No aplica -2

Probable

0

Poco probable

-1

Muy probable

1

Muy probable

1

Aplica

2Aplica 2

Aplica

2Aplica 2

Total por item 6 5

Nivel en el que aplican los factores de RIESGO ADYACENTES para determinar la Fisioterapia Respiratoria en un paciente con EPOC.

207

Tabla E5. Resultados de la escala para las características relativas al tratamiento del paciente.

Evaluación de las características generales y ejercicios de la fisioterapia pulmonar. (Tabla E6-E10).

Tabla E6. Resultados de la escala para las características generales de la fisioterapia.

Oxígeno  
suplementario

Bullectomía

Cirugía de  
reducción  
de volumen

Transplante  
pulmonar

Muy probable 1

Muy  
probable

1

Muy  
probable

1

Muy  
probable

1

Aplica 2 Probable 0 Probable 0

Poco  
probable

-1

Aplica 2

Muy  
probable

1 Aplica 2 Aplica 2

Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2

Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2

Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2

Probable

0

Muy probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1

Muy probable

1

Poco probable

-1

Poco probable

-1

Poco probable

-1

Muy probable

1Aplica 2Aplica 2Probable 0

Aplica

2Aplica 2Probable 0Probable 0

Total por ítem 15 12 11 8

Nivel en el que  
influye el  
TRATAMIENTO  
ACTUAL para  
determinar la  
Fisioterapia  
Respiratoria en  
un paciente  
con EPOC.

Duración: 1  
hora

Duración: 2  
horas

Duración a  
largo plazo: 6-  
12 semanas

Tipo de  
aplicación: per  
sonalizada

Tipo de  
aplicación: grup  
al

Probable 0 Probable 0 Muy probable 1 Muy probable 1 Probable 0

Probable 0 Poco probable -1 Aplica 2 Aplica 2 Poco probable -1

Probable 0 Poco probable -1 Aplica 2 Aplica 2 Poco probable -1

Muy probable 1 Probable 0 Muy probable 1 Aplica 2 Muy probable 1

Muy probable 1 Poco probable -1 Muy probable 1 Aplica 2 Muy probable 1

Aplica

2 Probable 0 Aplica 2 Aplica 2 Probable 0

Poco probable

-1 NO aplica -2 Probable 0 Aplica 2 Poco probable -1

Probable

0 Poco probable -1 Probable 0 Muy probable 1 Poco probable -1

Poco probable

-1 NO aplica -2 Aplica 2 Aplica 2 Poco probable -1

Probable

0 Probable 0 Aplica 2 Aplica 2 Poco probable -1

Total por ítem 2 -8 13 18 -4

Condiciones  
generales de la  
fisioterapia  
(Parte 1)

208

Tabla E7. Resultados de la escala para los ejercicios de Acondicionamiento-entrenamiento físico.

Tabla E8. Resultados de la escala para las técnicas de higiene bronquial.

Tabla E9. Resultados de la escala para las técnicas de reeducación respiratoria.

1.  
Entrenamiento  
de resistencia  
(MsSs y MsIs)



2. Ejercicio aeróbico

3. Flexibilidad

4. Estimulación eléctrica neuromuscular

5. Movilización de miembros superiores e inferiores (MSSs y Msls)

Muy probable 1 Muy probable 1 Probable 0 Probable 0 Muy probable 1

Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2

Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Muy probable 1 Aplica 2

Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Probable 0 Aplica 2

Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Probable 0 Aplica 2

Aplica

2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2

Probable

0 Muy probable 1 Probable 0 NO aplica -2 Probable 0

Probable

0 Muy probable 1 Muy probable 1 Poco probable -1 Muy probable 1

Probable

0 Aplica 2 Muy probable 1 Aplica 2 Aplica 2

Aplica

2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2

Total por ítem 13 17 14 6 16

Terapias que se recomiendan (Parte 1):  
Acondicionamiento -  
entrenamiento físico

1. Técnicas que utilizan ondas de choque -  
Vibración manual

2. Técnicas que utilizan el efecto de la gravedad - Drenaje postural

3. Técnica de tos - Tos dirigida (TD)

4. Espiración lenta total a glotis abierta en lateralización (ELTGOL)

5. Técnicas de espiración forzada (TEF)

6. Ciclo activo respiratorio (CAR)

7. Fluter VRP1 o Cornet.

Probable 0 Probable 0 Muy probable 1 Muy probable 1 Muy probable 1

Muy probable

1 Probable 0

Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Poco probable -1 Aplica 2 Aplica 2 Probable 0

Probable 0 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Poco probable -1 Probable 0 Probable 0

Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Probable 0 Probable 0

Poco probable

-1

Poco probable

-1

Muy probable 1 Poco probable -1 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2

Muy probable

1

Aplica

2Probable 0Aplica 2Aplica 2Probable 0Aplica 2

Poco probable

-1

NO aplica

-2 Poco probable -1 Muy probable 1Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2

Probable

0Probable 0Probable 0Muy probable 1Muy probable 1

Muy probable

1

Muy probable

1

Aplica

2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2

Aplica

2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2Aplica 2

Total por item 9 8 16 13 11 13 6

Terapias que se recomiendan (Parte 2): Técnicas de Higiene bronquial

1. Patrón respiratorio costobasal

2. Patrón respiratorio diafragmático

Muy probable 1Muy probable 1

Aplica 2Aplica 2

Aplica 2Aplica 2

Aplica 2Aplica 2

Aplica 2Aplica 2

Probable

0Aplica 2

Probable

0Muy probable 1

Probable

0Muy probable 1

Aplica

2Aplica 2

Aplica

2Aplica 2

Total por item 13 17

Terapias que se  
recomiendan  
(Parte 3):  
Técnicas de  
reeducación  
respiratoria

209

Tabla E10. Resultados de la escala para las técnicas que favorezcan el flujo espiratorio.

1. Aumento del  
flujo

2.  
Con máscaras

3. ELP/TLF

Muy probable 1 Probable 0 Muy probable 1

Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2

Aplica 2 Aplica 2 Aplica 2

Aplica 2 Probable 0 Aplica 2

Muy probable 1 Probable 0 Aplica 2

Muy probable 1 Probable 0 Aplica 2

Muy probable

1 Muy probable 1 Aplica 2

Probable

0 Poco probable -1 Poco probable -1

Aplica

2 Muy probable 1 Aplica 2

Aplica

2 Aplica 2 Aplica 2

Total por ítem 14 716

Terapias que se  
recomiendan

(Parte 4):

Técnicas que  
favorezcan el  
flujo  
espiratorio

210

Apéndice F. Segundo cuestionario aplicado a panel experto.

211

212

213

214

215

Apéndice G. Resultados del 2do cuestionario aplicado a panel experto.

Respecto al perfil de los especialistas, destacan tres fisioterapeutas y un inhaloterapeuta.

Figura G1. Área de especialización.

A continuación de la Figura G2-G10 se presentan los resultados de las ponderaciones que manifestaron los participantes y que se han considerado.

Figura G2. Acuerdo de eliminación para las características demográficas.

216

Figura G3. Acuerdo de agregación de la categoría de nivel de gravedad.

Figura G4. Acuerdo de agregación para los síntomas.

Figura G5. Acuerdo de agregación para las características de factores de riesgo.

Figura G6. Acuerdo de agregación para las características del diagnóstico.

Figura G7. Acuerdo de eliminación para las características del diagnóstico.

Figura G8. Acuerdo de eliminación para los ejercicios de acondicionamiento físico.

Figura G9. Acuerdo de eliminación para los ejercicios de técnicas de higiene bronquial.

Figura G10. Acuerdo de eliminación para los ejercicios de técnicas que favorecen el flujo espiratorio.

Figura G11. Acuerdo de agregación para los ejercicios de Otras intervenciones de fisioterapia.

Figura G12. Calificación para cada categoría.

Apéndice H. Procesamiento de datos del 2do cuestionario aplicado a expertos.

Resultados de la evaluación del segundo cuestionario aplicado (Tablas H1-H9).

Dado que en las características de ocupación y nivel socioeconómico (Tabla H1) se obtuvo una igualdad entre opiniones, se tomó en cuenta la opinión del experto de seguimiento, aceptándose la eliminación de todas las características mencionadas.

Tabla H1. Resultados del acuerdo de eliminación para las características demográficas.

Tabla H2. Resultados del acuerdo de agregación de la categoría nivel de gravedad.

En el caso de los síntomas, la presencia de murmullo vesicular tuvo un nivel muy bajo de aceptación, por lo cual esa característica no será tomada en cuenta.

ID Lugar de residencia Género Ocupación Nivel socioeconómico Nivel de estudios  
1 SI SI SI SI SI  
2 Sí Sí Sí Sí Sí  
3 No No No No Sí  
4 Sí Sí No No Sí  
SI SI SI SI SI

#### DEMOGRÁFICOS

ID Nivel de gravedad  
1 SI  
2 No  
3 Sí  
4 Sí  
SI

#### NIVEL DE GRAVEDAD

221

Tabla H3. Resultados de la escala para las características de los síntomas.

Tabla H4. Resultados de la escala para las características de Factores de Riesgo.

En el caso de las características del diagnóstico, el IMC obtuvo una igualdad entre ambas opiniones, por lo cual, con ayuda del experto de seguimiento, se ha decidido eliminar dicha característica.

Tabla H5. Resultados de la escala para las características de diagnóstico.

ID Fatiga

Murmullo  
vesicular  
(presente)

Roncus No aplica  
-2  
1 2 -2 2



Poco probable -1

2 2 0 0 Probable 0

3 2 2 2

4 2 0 -1

Muy probable 1

8 0 3 Aplica 2

#### SINTOMAS

ID Cardiopatías

1

2

No aplica

-2

22

Poco

probable -1

3 2 Probable 0

4 1

Muy probable 1

7Aplica 2

#### FACTORES DE RIESGO

ID VEF1

IMC (Índice de

Masa

Corporal)

1 2 SI No aplica -2

2 2 Sí

Poco probable -1

3 2 No Probable 0

4 2 No

Muy probable 1

8NO Aplica 2

#### DIAGNÓSTICO

Tabla H7. Resultados de la escala para las técnicas de Otras Intervenciones.

En el caso de las calificaciones otorgadas a cada categoría, se obtuvo un promedio mostrado en la Tabla G8, donde por cada categoría se obtuvo el peso de cada característica en relación con los porcentajes asignados.

Tabla H8. Resultados globales para la calificación de cada categoría.

#### ACONDICIONAMIENTO FISICO

ID

Estimulación eléctrica  
neuromuscular

ID

Fluter VRP1 o Cornet ID

Con máscaras de  
presión positiva  
espiratoria

1SI 1SI 1SI  
2No 2Sí 2Sí  
3Sí 3No 3No  
4Sí 4Sí 4Sí  
SI SI SI

#### TÉCNICAS DE HIGIENE BRONQUIAL

TÉCNICAS QUE FAVORECEN EL FLUJO  
RESPIRATORIO

#### OTRAS INTERVENCIONES

ID

Técnicas de  
relajación

Técnicas de  
ahorro de  
energía

1 2 2  
2 2 2  
3 2 2  
4-2 -2  
4 4

#### ID DEMOGRAFICAS DIAGNÓSTICO GRAVEDAD SÍNTOMAS FR TRATAMIENTO

1 5 10 10 10 10 10  
2 5 10 9 10 9 9  
3 5 10 10 10 10 10  
4 1 10 10 10 10 10  
5 10 10 10 10 10 SUMA  
PROMEDIO 5.2 10.0 9.8 10.0 9.8 9.8 54.6  
10% 18% 18% 18% 18% 18% 1.0

Tabla H9. Resultados para los pesos de cada característica por categoría.

## Características finales

## DEMOGRÁFICAS

EDAD PESO OCUPACIÓN NIVEL SOCIOECONOMICO

8 2 2 1 13

62% 15% 15% 8% 100%

0.059 0.015 0.015 0.007 10%

## NIVEL DE GRAVEDAD

LEVE MODERADO GRAVE MUY GRAVE

18%

## DIAGNÓSTICO

DISNEA BORG DISNEA MMRC VEF1 VEF1/CVF 1RM OXIMETRÍA C6M

## AUSCULTACIÓN

PULMONAR

## IMC

16 12 20 15 12 18 17

14 10 134

12% 9% 0.149253731 11% 9% 13% 13%

10% 7% 1

0.022 0.016 0.027 0.021 0.016 0.025 0.023 0.019 0.014 18%

## SÍNTOMAS

DISNEA TOS CRÓNICA EXACERBACIONES ESPUTO SIBILANCIAS EXPECTORACIÓN

## PÉRDIDA DE

PESO

## LIMITACIÓN DEL

EJERCICIO

## INFECCIONES EN EL

TRACTO RESPIRATORIO

## OPRESIÓN EN EL

PECHO

## FATIGA RONCUS

16 15 13 12 12 11 615 15 12

20 15 162

10% 9% 8% 7% 7% 7% 4% 9% 9% 7% 12% 9% 1

0.018 0.017 0.015 0.014 0.014 0.012 0.007 0.017 0.017 0.014 0.023 0.017 18%  
FACTORES DE RIESGO  
TUBERCULOSIS ASMA CARDIOPATÍAS  
6 5 18 29  
21% 17% 62% 1  
0.037 0.031 0.111 18%  
TRATAMIENTO

OXIGENO  
SUPLEMENTARIO

BULLECTOMIA

CIRUGÍA DE  
REDUCCIÓN DE  
VOLUMEN

TRANSPLANTE  
PULMONAR

15 12 11 846

33% 26% 24% 17% 1

0.059 0.047 0.043 0.031 18%

1

0.179

224

Apéndice I. Guía de Diagnóstico de Nivel de Maduración Tecnológica.  
La siguiente guía pretende presentar de una manera sistémica el proceso de Desarrollo Tecnológico e Innovación. Parte del modelo de Niveles de Maduración Tecnológica de la NASA y se contempla con conceptos del Modelo Nacional de Gestión de Tecnología (NMX-GT-004-IMNC-2012)

Nivel de  
Madurez de  
Tecnología

#

Elementos clave

ID

Parámetros esperados al final de la etapa. Si no ha cumplido con los siguientes aspectos, se encuentra en un nivel inferior del TRL.

Conteste  
sí o no

Justifique en término de productos concretos que ha generado.

Desarrollo  
de la  
invención

1

Investigación básica.  
Principios básicos  
observados y reportados.  
Artículos científicos  
publicados sobre los  
principios de la nueva  
tecnología.

1

¿Finalizó con la investigación básica de su  
idea?

Sí

Revisión Sistemática de la Literatura, que analizar el  
estado del arte de los de recomendación en diagnóstico  
médico. (Artículo en extenso publicado y presentó una  
ponencia)

2

¿Identificó principios de investigación  
básica que pudieran trasladarse en  
principios nuevos que puedan ser  
utilizados en nuevas tecnologías?

Sí

Marco teórico general de todos los conceptos alrededor de  
los recomendadores y como resultado de la primera RSL,  
comparación de los métodos que permiten elaborar los  
sistemas basados en conocimiento, se evaluaron  
características, ventajas y desventajas, identificándose la  
pertinencia de proponer un sistema RBC y con las técnicas  
de cálculo de similitud matemática básicas y más utilizadas  
(distancia Euclidiana y k-nn vecino). Investigación  
bibliográfica.

2

Investigación de  
Laboratorio. Concepto  
tecnológico y/o  
aplicación tecnológica  
formulada. Investigación  
aplicada.

1

¿Realizó un análisis de los artículos  
científicos, modelos o teorías científicas

que respaldan la aplicación de la idea en algún área tecnológica?

Sí

2a RSL- enfocada al uso y aplicación del RBC a padecimiento pulmonares, valida la innovación y la factibilidad técnica de utilizar los métodos seleccionados.

2

¿Realizó estudios de búsqueda y análisis de patentes a nivel nacional e internacional, y los resultados indicaron que no existe un desarrollo igual a su idea? (benck mark tecnológico)

Sí

Búsqueda de patentes. Sugerencia es mandar a realizar una búsqueda de patentes. Se realizó un benchmarking de aplicaciones en el mercado, con una Residencia Profesional.

3

¿Ha explorado principios básicos de manufacturabilidad?

Sí

Selección de tecnologías, instalación de Jcolibrí, instalación de MariaDB y primeras pruebas. (Artículo en extenso publicado y presentación de una ponencia)

4

¿Ha explorado posibles usuarios de la invención?

Sí

Contacto, entrevista con la Lic. Karla en una clínica de rehabilitación (Xalapa) y una carta intención para colaboración.

5

¿Cuenta con un grupo de investigación que pueda facilitar la evaluación inicial de factibilidad de la tecnología?

Sí

Asignación de un Comité Tutorial del posgrado (Dr. Rodrigo, Mtra Cerdán y Mtro Ralero), Experta de seguimiento (Lic. Alejandra) con oficios o formatos de asignación de Comité y una carta intención.

225

6

¿Tiene contemplado un plan de licenciamiento de tecnología a terceros?

Sí

El proyecto fue registrado en la SPI-ITSX con un plan que incluye la generación de propiedad intelectual, lo que posibilita el licenciamiento. Sesión de derechos por parte del tecnólogo al ITSX.

Validación de concepto

3

Investigación de Laboratorio. Prueba experimental de concepto Primera evaluación de la factibilidad de un concepto y su tecnología.

1

¿Tiene identificados los componentes de su invención tecnológica?

Sí

Análisis de las 4 guías nacionales e internacionales, para estructurar la base de casos, validación por la experta de seguimiento. El primer prototipo en jcolirí. Realización de primera prueba con enfoque cualitativo.

2

¿Ha llevado a cabo algún proceso de validación de mercado sobre su invención? (I+D en laboratorio más primeras pláticas con posibles usuarios)

Sí

Aplicación de un primer cuestionario con 10 expertos del campo (médico especialista en rehabilitación pulmonar, inhaloterapeuta y fisioterapeutas). Presentación de la finalidad del proyecto y ajuste a la estructura de los casos - validación-. Análisis de resultados e la primera prueba con enfoque cualitativo.

3

¿Realizó/actualizó estudios de búsqueda y análisis de patentes a nivel nacional e internacional, y los resultados indicaron que no existe un desarrollo igual a su idea? (benchmark tecnológico)

NO

Se requiere una actualización incluyendo patentes y benchmarking.

4

¿Los resultados de la búsqueda y análisis de patentes indicaron que la invención puede ser protegida mediante algún mecanismo de protección?

Sí

Se realizó la protección del prototipo del concepto de recomendación. Sería deseable identificar algún otro tipo de protección.

5

¿Ha realizado un estudio sobre los aspectos regulatorios (comités de ética, normas, ISO Is, y certificaciones) que son requeridos para su invención tecnológica?

Sí

Análisis del marco legal. Tal vez se debería valorar un análisis desde el punto de vista ético.

6

¿Tiene contemplado un plan de licenciamiento de tecnología a terceros?

Sí

Se cuenta con el registro de los derechos de autor por programa de cómputo.

4

Desarrollo Tecnológico. Validación tecnológica a nivel laboratorio. Validación de un prototipo inicial con componentes integrados en laboratorio con baja confiabilidad de comportamiento.

1

¿Ha integrado los componentes principales



de su invención tecnológica?

Sí

Integración de un sistema web, con estructura final de casos y pesos ya validados.

2

¿Ha realizado pruebas de validación de efectividad de dicha invención en laboratorio?

Sí

Se realizó una prueba de funcionalidad, con cuatro casos y tres de prueba, con cálculo de métricas.

3

¿Ha explorado con mayor profundidad aspectos / certificaciones de manufacturabilidad relacionados con el desarrollo de su invención tecnológica?

Sí

Se evaluó la interfaz y se establecieron mejoras a implementar para mejorar la usabilidad.

4

¿Ha continuado la validación de mercado de su invención con más entrevistas con

NO

Se planificó la evaluación de mercado, pero no se concretó.

226

usuarios potenciales y estudios de mercado?

5

¿Su invención tecnológica funciona a nivel laboratorio?

Sí

Se realizó una prueba que constó de cuatro experimentos, con 30 casos y 10 de prueba, con cálculo de métricas.

6

¿Identificó los riesgos tecnológicos de mercado y financieros con un plan de mitigación de los mismos?

NO

Se planificó la evaluación de mercado, pero no se concretó.

7

¿Actualizó el estudio de patentes nacionales e internacional, y tiene definida una estrategia de gestión de la propiedad intelectual? (benchmark tecnológico)

NO

Falta la actualización de patentes y benchmarking, se tiene planificado el registro de la versión del segundo prototipo mejorado versión web.

8

¿Tiene contemplado un plan de licenciamiento de tecnología a terceros?

NO

Una redacción preliminar del instrumento legal de licenciamiento de software. Existe un convenio de colaboración en proceso.

Desarrollo de prototipo

5

Desarrollo Tecnológico. Tecnología validada en laboratorio, pero en condiciones de un entorno relevante (condiciones que simulan condiciones existentes en un entorno real). La integración de los componentes empieza a ser de alta confiabilidad. Para el caso de plataformas tecnológicas, el ambiente relevante debe considerar condiciones industriales, no de laboratorio experimental académico. Proceso de planeación del negocio

1

¿Ha probado su prototipo en laboratorio en condiciones de un ambiente real?

SÍ/NO

Se utiliza una Base de casos reales y validados, pero las pruebas no son con casos nuevos a prescribir por un especialista.

2

¿Tiene plenamente identificadas y considerados aspectos de manufacturabilidad del futuro producto?

Prueba acotada en ambiente próximo al real. ELAORAR UN MANUAL DE USUARIO PRIMERA VERSIÓN.

3

¿El prototipo a escala real cumple con las normas y/o previsiones legales o del medio ambiente del sector?

Ajusta el prototipo.

4

¿Actualizó el estudio de patentes nacionales e internacional, y tiene definida una estrategia de gestión de la propiedad intelectual? (benchmark tecnológico)

Producción piloto y demostración

6

Demostración tecnológica.  
Tecnología demostrada en un ambiente relevante (Para el caso de plataformas tecnológicas,

1

¿Tiene integradas las tecnologías de producto y manufactura en una planta

piloto? (considerando todos los aspectos de manufacturabilidad)

LA VERSIÓN 1 PILOTO

2

¿Tiene alineado el nuevo producto con las tecnologías de producción?

ALINEARSE A LA FORMA EN QUE TABAJAN LOS ESPECIALISTAS Y ESTAS CLINICAS

227

el ambiente relevante debe considerar condiciones industriales, no de laboratorio experimental académico). Pre-producción de un producto, incluyendo pruebas en un ambiente real.

3

¿Cuenta con usuarios potenciales que pruebe la producción a baja escala?

4

¿Cuenta con una organización operativa acorde a las necesidades de operación de la producción? (mercadotecnia, logística, producción y otros)

DEFINIR QUIENES EN EL ITSX DARÍAN SOPORTE, MANUALES DE OPERACIÓN SOPORTE.

5

¿Inició el proceso sobre el registro de las certificaciones requeridas por instancias

gubernamentales para la producción y despliegue del prototipo?

## CERTIFICAR EL SITIO SEGURO

7

Desarrollo de Producto.  
Demostración de prototipo a nivel sistema en un ambiente operativo real (sistema real)  
Producción a baja escala para demostración en ambiente operativo real.  
Producción a baja escala para demostración en ambiente operativo real.

1

¿Cuenta con una proceso de manufactura operacional en baja escala? (produciendo productos comerciales)

## DISEÑO DEL SERVICIO DE LA PLATAFORMA

2

¿Cuenta con usuarios potenciales que prueben la versión final del producto?

## QUIÉNES SE QUEDAN CON LA PLATAFORMA, REFINAR EL PERFIL DEL CLIENTE

3

¿Cuenta con una estructura organizacional adecuada para la implementación?

## MANUALES DE OPERACIÓN DEL SAAS

4

¿Cuenta con un producto terminado para prueba de primeros clientes?

## VERSIÓN PARA LANZAMIENTO

Intro-  
ducción  
inicial al

mercado

8

Desarrollo de Producto,  
Sistema completo y  
evaluado  
Manufacturabilidad  
probada y validada  
para ambiente real.  
Sistema completo y  
certificado. Producto o  
servicio comercializable.  
Resultados de las  
pruebas del sistema en  
su configuración  
final.

1

¿Se encuentra manufacturando el producto  
en su versión final?

#### PLATAFORMA EN OPERACIÓN

2

¿Tiene un producto comercializable?

#### PLAN COMERCIAL Y DE MARKETING

3

¿Su organización es operativa al 100%?

#### EMPRESA UNIVERSITARIA SPINOFF

4

¿Su prototipo cumple con estándares de la  
industria en cuestión?

#### CERTIFICADOS

5

¿Elaboró los documentos para la utilización  
y mantenimiento del producto (manual del  
usuario, soporte técnico)?

#### VERSIONES FINALES DE LOS MANUALES DE USUARIO

9

Producto terminado.  
Pruebas con éxito en  
entorno real. Despliegue.  
Tecnología disponible en  
el mercado. Aplicación  
comercial.

1

¿Cuenta con producción sostenida?

## PLAN DE EXPANSIÓN

2

¿Cuenta con un producto que cuenta con  
un crecimiento de mercado?

## ADMINISTRACIÓN DE DIVERSIFICACIÓN DE SERVICIOS

3

¿Cuenta con cambios incrementales de  
producto que le lleven a crear nuevas  
versiones?

## LÍNEA DE PRODUCTOS

4

¿Los procesos de manufactura y  
producción son optimizados a través de  
innovaciones incrementales?

ISO PARA MEJORA CONTINUA 9000