



**ORIGINAL**

## Evaluación de riesgos y mejora de la seguridad biológica y radiológica en la toma de radiografía torácica a pacientes con COVID-19



N.C. Santisteban Salazar<sup>a,\*</sup>, M.Y. Santisteban Salazar<sup>b</sup>, M.A. Arrasco Barrenechea<sup>c</sup>  
y M. Llashag Adán<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Hospital El Buen Samaritano, Utcubamba, Amazonas, Perú

<sup>b</sup> Universidad César Vallejo, Chiclayo, Lambayeque, Perú

<sup>c</sup> Universidad Particular de Chiclayo, Chiclayo, Lambayeque, Perú

<sup>d</sup> Hospital Santiago Apóstol, Utcubamba, Amazonas, Perú

Recibido el 11 de julio de 2022; aceptado el 1 de febrero de 2023

Disponible en Internet el 14 de febrero de 2023

### PALABRAS CLAVE

Bioseguridad;  
Coronavirus;  
COVID-19;  
Rayos X;  
Protección  
radiológica;  
Seguro social

### Resumen

**Introducción:** Los trabajadores de salud tienen alto riesgo de infectarse con COVID-19. El objetivo del estudio fue evaluar los riesgos y mejorar las medidas de seguridad biológica y radiológica para la toma de radiografía torácica a pacientes con COVID-19 en un hospital del seguro social en Utcubamba (Perú).

**Material y métodos:** Estudio de intervención cuasiexperimental tipo antes y después sin grupo control, realizado entre mayo y setiembre del 2020. Se elaboró un mapa de procesos y un análisis de modos de fallas y efectos (AMFE) de atención radiológica. Se halló los valores de gravedad (G), ocurrencia (O) y detectabilidad (D), y se calculó el número de prioridad de riesgo (NPR) para cada modo de falla (MF). Se priorizaron los MF con  $NPR \geq 100$  y  $G \geq 7$ . Se implantaron acciones de mejora basadas en las recomendaciones de instituciones reconocidas y los valores O y D fueron reevaluados.

**Resultados:** El mapa de procesos constó de seis subprocesos y 30 pasos. Se identificaron 54 MF, 37 de los cuales tenían  $NPR \geq 100$  y 48 tenían  $G \geq 7$ . La mayor parte de los errores se produjeron en la realización de la exploración 50% (27). Después de introducir las recomendaciones, 23 MF tenían  $NPR \geq 100$ .

**Conclusiones:** Si bien ninguna de las medidas aplicadas mediante el AMFE hizo imposible el modo de falla, estas lo hacían más detectable y menos frecuente y redujo el NPR para cada modo de falla; sin embargo, es necesario una actualización periódica del proceso.

© 2023 FECA. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [nelsonsalazar0620@gmail.com](mailto:nelsonsalazar0620@gmail.com) (N.C. Santisteban Salazar).

**KEYWORDS**

Biosecurity;  
Coronavirus;  
COVID-19;  
X-ray;  
Radiation protection;  
Social security

**Abstract**

**Introduction:** Health workers are at high risk of becoming infected with COVID-19. The objective of the study was to evaluate the risks and improve the biological and radiological safety measures for taking chest X-rays in patients with COVID-19 in a Social Security hospital in Utcubamba (Peru).

**Material and methods:** Quasi-experimental intervention study type before and after without a control group, carried out between May and September 2020. A process map and an analysis of failure modes and effects (FMEA) of radiological care were prepared. The gravity (G), occurrence (O), and detectability (D) values ??were found and the risk priority number (RPN) was calculated for each failure mode (FM). FM with  $RPN \geq 100$  and  $G \geq 7$  were prioritized. Improvement actions were implemented based on the recommendations of recognized institutions and the O and D values ??were re-evaluated.

**Results:** The process map consisted of 6 threads and 30 steps. 54 FM were identified, 37 of whom had  $RPN \geq 100$  and 48 had  $G \geq 7$ . Most of the errors occurred during the examination 50% (27). After entering the recommendations, 23 FM had  $RPN \geq 100$ .

**Conclusions:** Although none of the measures applied through the FMEA made the failure mode impossible, they made it more detectable and less frequent and reduced the RPN for each failure mode; however, a periodic update of the process is necessary.

© 2023 FECA. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## Introducción

Los trabajadores de la salud tuvieron un alto riesgo de infectarse con COVID-19 durante la primera ola de la pandemia, como sucedió en marzo del 2020 en China e Italia, donde 20% del personal asistencial se había infectado. En Perú, se reportó que 70,8% de los médicos, 12,5% de enfermeras y 12,51% de otros sanitarios estaban contagiados durante la primera ola de la pandemia<sup>1,2</sup>. En la región Amazonas, al norte del Perú, hasta agosto del 2020 se habían reportado 962 casos de COVID-19 en personal de salud, siendo 18,3% de la provincia de Utcubamba<sup>3</sup>. Particularmente, los tecnólogos radiólogos tienen un riesgo elevado de contagio por el contacto cercano con los pacientes infectados<sup>4</sup>, mientras toman la radiografía en una sala cerrada y a una infección cruzada<sup>5,6</sup> debido a la persistencia del virus en el ambiente de trabajo<sup>7</sup>.

La demanda de la radiografía torácica aumentó con la pandemia, aunque tiene baja sensibilidad para el diagnóstico del COVID-19 (56 a 69%)<sup>6</sup>, es útil para la evaluación inicial del paciente y valorar la progresión de la enfermedad<sup>8</sup>. Por lo que la implementación de medidas que prevengan la transmisión del virus es necesaria, al mismo tiempo que mantener el cumplimiento de la radioprotección<sup>4</sup>. Los principios de radioprotección de tiempo, distancia y blindaje también son aplicables a la protección biológica contra el COVID-19<sup>9</sup>, que se consigue utilizando barreras y aumentando la distancia a las superficies vulnerables y limitando la duración de la exposición al virus<sup>10</sup>.

Por otro lado, diversas organizaciones sanitarias elaboraron recomendaciones para reducir la transmisión del COVID-19 en los servicios de salud, como el lavado de

manos, colocar mascarilla al paciente, utilizar un protocolo de descontaminación, usar el equipo de protección personal (EPP), poner en cuarentena al personal infectado, entre otros<sup>11-14</sup>. Sin embargo, investigaciones realizadas antes de la pandemia describen que los principios de bioseguridad no se aplican correctamente en la práctica radiológica<sup>8</sup> y las medidas de radioprotección son insuficientes<sup>9</sup>. Esto es probablemente debido a una baja percepción del riesgo por parte de los trabajadores de salud o limitaciones técnicas, financieras y estructurales de los organismos de salud.

Por ello se debe garantizar la seguridad de los trabajadores de la salud en esta situación de emergencia sanitaria, debido a que constituyen la primera barrera en la línea asistencial. En este sentido, el análisis de modos y efectos de falla (AMFE) es un método recomendado por la *Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations*<sup>15</sup>, para identificar fallas en los procesos y desarrollar medidas para minimizar los riesgos de mayor prioridad en la atención sanitaria<sup>16-19</sup>, siendo aplicable en los servicios imagenológicos<sup>20</sup>. Los estudios que utilizan el AMFE en el área de la salud se enfocan predominantemente en hospitales de alta complejidad. Por lo que no son extrapolables para centros de salud de menor nivel de atención en los países en vías de desarrollo, particularmente en el Perú, que tuvo la tasa de mortalidad per cápita más alta del mundo en la pandemia debido a la situación estructural del sistema sanitario<sup>21</sup>. El objetivo del estudio fue evaluar y mejorar la seguridad biológica y radiológica durante la toma de la radiografía torácica en pacientes con COVID-19 para un hospital del primer nivel de atención del seguro social en Utcubamba, Perú, usando el análisis de modos de fallas y efectos.

## Material y métodos

### Diseño del estudio

Se llevó a cabo un estudio de intervención cuasiexperimental tipo antes y después sin grupo control, sobre el desarrollo e implementación del AMFE en la toma de la radiografía torácica a pacientes diagnosticados o con sospecha de COVID-19 en un hospital del primer nivel de atención. Se creó un grupo de trabajo compuesto por un tecnólogo radiólogo con más de 20 años de trabajo, dos académicos en los ámbitos de gestión y salud pública, y un ingeniero industrial con experiencia en el uso de las herramientas de calidad.

### Contexto

La investigación se desarrolló en el periodo entre mayo y setiembre del 2020, durante la primera ola del brote del COVID-19 en el Hospital El Buen Samaritano de la ciudad de Bagua Grande, Perú. El Hospital ofrece los servicios de emergencia, hospitalización, consultorios externos y ayuda al diagnóstico y tratamiento. Además, en el momento de este estudio operaba una sala de triaje diferenciado para sospechosos de COVID-19. Los pacientes eran evaluados por una enfermera al ingreso del hospital, quien se encargaba de preguntar el motivo de consulta para decidir si era atendido en el tópico de emergencia o al área de triaje diferenciado para COVID-19.

A los pacientes sospechosos se les hacían pruebas serológicas rápidas contra SARS-CoV-2 y también se les tomaba una radiografía de tórax, que es el único estudio imagenológico pulmonar que se realizaba en el hospital. El servicio de imagenología era operado por tres tecnólogos: uno en la mañana, uno en la tarde, y otro en casos de emergencias. Para la toma de la radiografía de tórax se utilizó un equipo de rayos X convencional y el revelado de la película radiográfica se realizó en un cuarto oscuro utilizando un procesador automático.

### Desarrollo del AMFE

El grupo de trabajo desarrolló el método del AMFE durante dos meses (mayo a junio de 2020). El AMFE consistió en tres pasos: i) elaboración del diagrama de procesos para realizar la radiografía de tórax, ii) identificación de los modos de falla junto con sus causas y efectos en cada uno de los pasos, determinando la gravedad (G), la ocurrencia (O) y la no detección (D) de cada modo de fallo para calcular el número de prioridad de riesgo (NPR); y iii) la identificación de las medidas de seguridad a ser empleadas según los modos de falla con mayor NPR.

### Elaborar el diagrama de procesos

El grupo de trabajo preguntó a los tecnólogos telefónicamente sobre los pasos para realizar una radiografía de tórax. Además, también se revisó el protocolo para la toma de una radiografía de tórax de la institución de salud. Luego, se preparó un diagrama de procesos en las que se identificaron los pasos, los cuales se agruparon en subprocesos. Este

diagrama se envió a los correos electrónicos de los tecnólogos para su revisión y corrección hasta que se acordó por unanimidad una versión final.

### Identificar fallas, causas y efectos y calcular el NPR

Con base en el mapa de procesos se definió uno o más modos de falla para cada paso identificado. El modo de falla se consideró cualquier posible situación en la que el paso para realizar la radiografía de tórax puede operar deficientemente, y de esta manera, aumentar el riesgo de transmisión del COVID-19. Además, se identificaron las posibles causas y efectos de cada modo de falla. Todos los elementos previamente mencionados se unieron en una plantilla en Microsoft Excel® 2016 (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, EE. UU.) y se distribuyó por medio de correo electrónico a los tecnólogos para su revisión y realizar los ajustes necesarios, hasta lograr un consenso total.

Seguidamente, previa instrucción recibida de los investigadores, cada tecnólogo asignó una puntuación para la probabilidad de ocurrencia, la gravedad, y la probabilidad de no detectar cada falla antes que suceda<sup>22</sup>. Para cada situación, se usó una escala del 1 al 10, donde un mayor puntaje significaba mayor probabilidad de ocurrencia, mayor gravedad, y mayor probabilidad de no detección de la falla. Luego, se calcularon las puntuaciones promediadas y el NPR<sup>23</sup> inicial para cada modo de falla.

### Identificar las medidas de seguridad a ser empleadas

Se priorizaron los modos de falla con NPR inicial  $\geq 100^{13}$  y  $G \geq 7$ . Luego, se propusieron acciones de mejora basadas en recomendaciones de instituciones reconocidas<sup>11-14</sup> para prevenir la ocurrencia de cada falla priorizada y disminuir la transmisión del COVID-19 durante la toma de la radiografía de tórax.

### Implementación y evaluación

Se envió la propuesta de recomendaciones al Comité de Protección Radiológica del hospital. De esta manera, se les instruyó a los tecnólogos del servicio para que cooperaran en el proceso de implementación de las recomendaciones. Luego, durante tres meses (julio a setiembre de 2020), se realizó una nueva evaluación de los valores de gravedad, ocurrencia y no detectabilidad, y NPR por cada paso identificado. El Comité de Protección Radiológica del hospital fue encargado de verificar el cumplimiento de las acciones implantadas.

### Aspectos éticos

El estudio fue aprobado por la Red Asistencial Amazonas del Seguro Social de Salud (EsSalud) y el Comité de Ética del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo de EsSalud (código 75502020063).



Figura 1 Diagrama del proceso de atención radiológica.

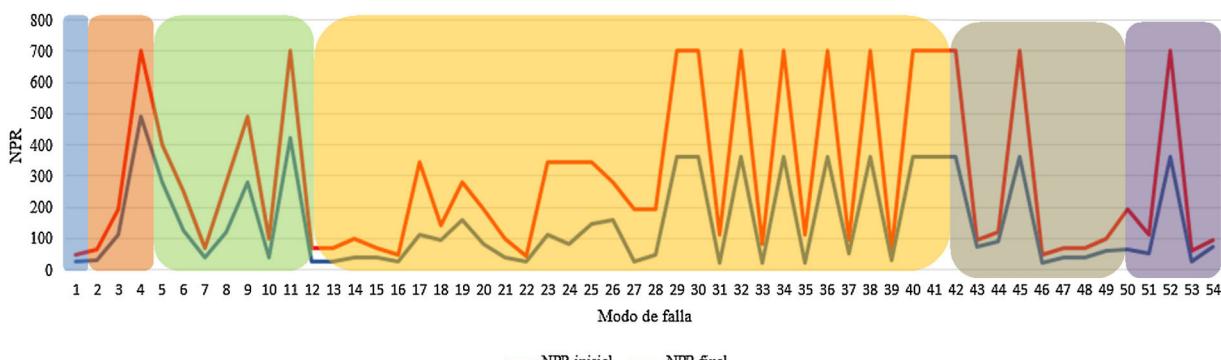


Figura 2 Número de prioridad de riesgo antes y después de la implementación de las recomendaciones.

## Resultados

En el diagrama de procesos para la toma de la radiografía torácica se identificaron 30 pasos divididos en seis subprocesos (fig. 1).

Basados en el diagrama de procesos se identificaron 54 modos de falla. Los modos de falla en la toma de la radiografía de tórax a pacientes COVID-19 se pueden producir en cualquier etapa del proceso. En concreto 1,8% ( $n = 1$ ) en la prescripción de exploraciones, 5,6% ( $n = 3$ ) en la programación del examen, 16,7% ( $n = 9$ ) en la preparación de la atención radiológica, 50% ( $n = 27$ ) en la realización de la exploración, 16,7% ( $n = 9$ ) en el procesamiento de imágenes y 9,2% ( $n = 5$ ) en los resultados.

Los valores medios de NPR por cada modo de falla oscilaban entre 42 y 700. De ellos, 37 modos de falla tenían un  $NPR \geq 100$  y 48 modos de falla tenían una  $G \geq 7$ . Se identificaron en todos los subprocesos al menos un modo de falla prioritizado. En el subproceso de preparación previa a la atención radiológica, los modos de falla tenían un  $NPR$  entre 70 a 700 y en la realización del examen radiológico 42 a 700 (tabla 1).

Teniendo en cuenta las recomendaciones implementadas en el hospital, se reevaluaron los modos de falla, tras un periodo de tres meses desde la primera medición. De esta manera, se observó un cambio del valor promedio del  $NPR$  para cada modo de falla, que ahora van de 21 a 490. Después de introducir las recomendaciones, solo 23 modos de falla tenían  $NPR \geq 100$ . La figura 2 muestra la disminución en el valor de  $NPR$  de los modos de falla agrupados por cada uno de los subprocesos que lo integran, luego de la aplicación de las recomendaciones.

El color celeste corresponde a prescripción, el rojo a programación, el verde a preparación, el anaranjado a realización, el gris a procesamiento y el lila a resultados.  $NPR$ : Número de prioridad de riesgo.

## Discusión

En nuestro estudio la aplicación del AMFE evidenció 54 posibles modos de falla para realizar una placa radiográfica de tórax con puntajes  $NPR$  que van de 42 a 700 durante un periodo de tres meses. Otros estudios en los que se realizaron un AMFE coinciden en la utilidad de esta herramienta para la detección de fallas en los servicios médicos radiológicos<sup>16,18</sup>.

Los resultados del estudio sugieren que los subprocesos más críticos que pueden aumentar el riesgo de transmisión del COVID-19 fueron la preparación previa a la atención radiológica y la realización del examen radiológico de tórax. El alto  $NPR$  para estas fallas se atribuye a la alta gravedad y la mayor probabilidad de ocurrencia. Esto se podría explicar porque los pacientes no aplican las precauciones estándar cuando llegan al hospital y por los errores del personal en la práctica radiológica, lo que ya había sido demostrado en estudios respectivos<sup>15,24</sup>.

Se sabe que las personas infectadas por SARS-CoV-2 sin síntomas pueden infectar a otros<sup>25</sup>, por lo que el tránsito de pacientes contagiosos no detectados en el tamizaje de la puerta de entrada del hospital es una falla de alto riesgo, lo cual también ha sido reportado en otro estudio<sup>24</sup>; en este sentido, un control estricto del uso de mascarillas y el monitoreo del lavado de manos resultan de gran utilidad.

En nuestro estudio evidenciamos que para hacer frente a esta pandemia todo el personal del servicio usó el EPP, además de practicar la higiene de manos, la desinfección del equipo y la sala de rayos X, la disminución del tiempo de contacto con las personas infectadas y las medidas de distanciamiento en el puesto de trabajo. Esto ha sido reportado por varios autores<sup>9,26-28</sup>, siendo necesario que los servicios imágénológicos implementen protocolos de prevención y control ante la pandemia de COVID-19, de acuerdo a los procesos de atención que realizan.

**Tabla 1** Descripción de los valores de gravedad, ocurrencia y detectabilidad usados en el análisis de modos de falla y efectos y medidas aplicadas

Subproceso	Pasos	Modo de falla potencial	Gravedad (G)	Ocurrencia (O)	No detectabilidad (D)	NPR	Medidas aplicadas
Prescripción de examen radiológico	Procedimiento solicitado	Sobreutilización de la radiografía de tórax de dos vistas	7	7	1	49	Uso del código de examen de una sola proyección
Programación del examen radiológico	Cita programada	Error del programador	4	4	4	64	Revisar lista de pacientes
		Alto número de exámenes programados	7	7	4	196	Adaptar horario de citas al flujo de trabajo
		Tránsito de pacientes contagiosos	10	10	7	700	Identificar y separar a los pacientes que presentan síntomas en la puerta de entrada y dentro del hospital
Preparación previa a la atención radiológica	Preparación del personal sanitario	Suministro inadecuado del EPP	10	10	4	400	Monitorear la entrega del EPP
		Técnicas inapropiadas para ponerse y quitarse el EPP	7	6	6	252	Educar y reforzar las técnicas apropiadas para ponerse y quitarse el EPP
		Incorrecto uso del EPP	10	7	1	70	Colocar carteles instructivos y monitorear al personal
		Olvido o incorrecta colocación del dosímetro	10	7	4	280	Controlar el uso del dosímetro
		Técnica incorrecta de lavado de manos del personal de salud	10	7	7	490	Colocar carteles instructivos y monitorear al personal
	Preparación del paciente	Mal uso de mascarilla	10	10	1	100	Colocar carteles instructivos y monitorear al personal
		Prácticas inadecuadas de higiene de manos del paciente	10	10	7	700	Colocar carteles instructivos y monitorear al paciente
Ruta de atención		Inadecuada ruta de acceso para llegar a la sala	7	10	1	70	Señalar ruta de acceso
Distribución de pacientes en el área de espera		Inadecuada distancia entre pacientes en el área de espera	7	10	1	70	Señalar la distancia mínima en la sala de espera

**Tabla 1** (continuación)

Subproceso	Pasos	Modo de falla potencial	Gravedad (G)	Ocurrencia (O)	No detectabilidad (D)	NPR	Medidas aplicadas
Realización de examen radiológico	Recepción del paciente	Contacto directo con pacientes	10	10	1	100	Entablar comunicación mínima
		Distancia inadecuada frente al paciente	10	7	1	70	Mantener 1 m de distancia separado del paciente
		Llegada tardía de los pacientes	7	7	1	49	Colocar listado de fecha y hora de cita del paciente
	Registro de la orden de radiología	Formularios de solicitud contaminados	7	7	7	343	Realizar órdenes médicas por sistema informático
	Instrucción del paciente	Dificultad de comunicación con la mascarilla	6	6	4	144	Colocar instructivos para la atención de pacientes
		Mayor tiempo frente al paciente	10	7	4	280	Estandarizar tiempos de trabajo
		Olvido o incumplimiento de las instrucciones	7	4	7	196	Instruir la cooperación del paciente
	Cierre de puertas	Inadecuada ventilación del ambiente de trabajo	10	10	1	100	Abrir puertas después del examen
	Desplazamiento del personal dentro de la sala	Inadecuado desplazamiento por la sala	7	6	1	42	Reordenar los flujos de trabajo
	Dotación de batas para pacientes	Cambio infrecuente de la bata	7	7	7	343	Asignar personal para cambio de ropa diario
Manipulación de los chasis radiológicos	Manipulación de los chasis radiológicos	Contaminación de los chasis	7	7	7	343	Limpiar y desinfectar superficies
	Utilización del marcador de plomo	Contaminación del marcador de plomo	7	7	7	343	Limpiar y desinfectar superficies
	Posicionamiento del paciente en bucky de pared	Manipulación del paciente a corta distancia	10	7	4	280	Limitar al mínimo el contacto con paciente
		Ubicación incorrecta del paciente	7	7	4	196	Instruir la cooperación del paciente y observar durante el examen
	Movimientos del paciente durante el examen	Movimientos del paciente durante el examen	7	7	4	196	Instruir la cooperación del paciente y observar durante el examen

**Tabla 1** (continuación)

Subproceso	Pasos	Modo de falla potencial	Gravedad (G)	Ocurrencia (O)	No detectabilidad (D)	NPR	Medidas aplicadas
Exposición de rayos X		Contaminación del bucky mural	10	10	7	700	Limpiar y desinfectar superficies
	Colocación de protectores plomados	Contaminación de protectores plomados	10	10	7	700	Limpiar y desinfectar superficies
	Distancia al tubo de rayos X	Distancia foco película inadecuada	7	4	4	112	Utilizar protocolos y supervisar el trabajo
		Contaminación del tubo de rayos X	10	10	7	700	Limpiar y desinfectar superficies
	Centrado del haz de exploración	Incorrecto centrado	7	4	3	84	Utilizar protocolos y supervisar el trabajo
		Contaminación del interruptor de luz	10	10	7	700	Limpiar y desinfectar superficies
	Colimación del haz de rayos X	Inadecuado tamaño de campo irradiado	7	4	4	112	Utilizar protocolos y supervisar el trabajo
		Contaminación de las perillas del colimador	10	10	7	700	Limpiar y desinfectar superficies
	Uso del disparador de rayos X	Descuido al pulsar el disparador	6	4	4	96	Colocar instructivos
		Contaminación del disparador	10	10	7	700	Limpiar y desinfectar superficies
Ajuste de factores de exposición al área anatómica y tamaño del paciente		Exposiciones inadecuadas	10	6	1	60	Utilizar protocolos y supervisar el trabajo
		Contaminación del panel de control	10	10	7	700	Limpiar y desinfectar superficies
	Manipulación de la perilla de la puerta del cuarto oscuro	Contaminación de la perilla de la puerta	10	10	7	700	Limpiar y desinfectar superficies
	Colocación de chasis en mesa de trabajo	Contaminación de superficie de mesa de trabajo	10	10	7	700	Limpiar y desinfectar superficies
	Carga y descarga de chasis	Manipulación defectuosa de la película radiográfica	6	4	4	96	Colocar instructivos
Procesamiento de imágenes		Velamiento de la película	10	4	4	160	Revisar condiciones del cuarto oscuro y material radiológico

**Tabla 1** (continuación)

Subproceso	Pasos	Modo de falla potencial	Gravedad (G)	Ocurrencia (O)	No detectabilidad (D)	NPR	Medidas aplicadas
Resultados de examen radiológico	Colocación de placa en máquina reveladora	Contaminación de bandeja de máquina reveladora	10	10	7	700	Limpiar y desinfectar superficies
	Revelado de la placa radiográfica	Funcionamiento inadecuado de procesadora	7	7	1	49	Realizar mantenimiento de equipo
	Obtención de radiografías	Mala calidad de imagen	10	7	1	70	Revisar imágenes obtenidas
		Repetición de radiografía	10	7	6	420	Disminuir placas mal tomadas
	Comunicación después del examen	Contacto directo con pacientes	10	10	1	100	Mantener distancia a 1 m
	Rotulado y ensobrado de placas radiográficos	Identificación incorrecta del paciente	7	10	7	490	Verificar identificación del paciente y solicitud del examen
		Insuficiente rotulado de placa o sobre radiográfico	7	4	4	112	Revisar el rotulado de placas
		Contaminación al manipular placas y sobres	10	10	7	700	Lavarse las manos
	Transporte de placas	Inadecuado traslado de placas	6	10	1	60	Remitir placa con personal sanitario
		Extravío de placas	8	4	4	128	Registrar la entrega de placas

EPP: equipo de protección personal; NPR: número de prioridad de riesgo.

Es pertinente mencionar que en nuestro estudio las medidas de protección radiológica se siguieron cumpliendo de forma simultánea a las de protección biológica, lo que indica que los trabajadores no solo le dan importancia al riesgo biológico sino también radiológico en una situación de pandemia. Sería pertinente realizar un estudio que considere estos aspectos en los trabajadores expuestos ocupacionalmente.

Se deja en claro que los hallazgos son limitados debido al bajo número de procedimientos y pacientes durante el periodo estudiado. Pero resulta evidente que la intervención redujo la probabilidad de que los trabajadores del servicio se contagiaron y permitió que estuvieran atendiendo durante la primera onda epidémica de COVID-19, por lo que creemos que los cambios implementados en esta situación de pandemia pueden ser útiles para otros servicios de radiología.

Otra limitación de nuestro estudio es que confiamos en la puntuación asignada por cada evaluador a los errores en el proceso, al no disponer de valores referenciales en la

literatura. Sin embargo, el análisis se hace de similar manera que otros estudios AMFE dando puntuaciones subjetivas para cada modo de falla<sup>19,28</sup>.

Finalmente, se concluye que si bien ninguna de las soluciones propuestas mediante el AMFE hizo imposible el modo de falla, estas lo hacían más detectable y menos frecuente y contribuyeron a minimizar la exposición del personal del hospital y de los pacientes; sin embargo, es necesario una actualización periódica del proceso, ya que es posible que se produzcan nuevos modos de falla.

## Financiación

Este trabajo no ha recibido ningún tipo de financiación.

## Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. De La Cruz J. Protegiendo al personal de la salud en la pandemia COVID-19. Rev Fac Med Hum. 2020;20(2):173-4, <http://dx.doi.org/10.25176/rfmh.v20i2.2913>.
2. Huang Z, Zhao S, Li Z, Chen W, Zhao L, Deng L, et al. La batalla contra la enfermedad del coronavirus 2019 COVID 19. Manejo de emergencia y control de infecciones en un departamento de radiología. J Am Coll Radiol. 2020;17:e29-36, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacr.2020.05.006>.
3. Dirección Regional de Salud Amazonas. Situación COVID-19. Región Amazonas. 2020; [consultado 5 Sep 2022]. Disponible en: <https://www.dge.gob.pe/portal/docs/tools/teleconferencia/2020/SE352020/02.pdf>.
4. Niu Y, Xian J, Lei Z, Liu X, Sun Q. Management of infection control and radiological protection in diagnostic radiology examination of COVID-19 cases. Radiat Med Prot. 2020;1(2):75-80, <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmp.2020.05.005>.
5. Zhao Y, Xiang C, Wang S, Peng C, Zou Q, Hu J. Radiology department strategies to protect radiologic technologists against COVID19: Experience from Wuhan. Eur J Radiol. 2020;127:1-5, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.108996>.
6. Qian C, Zu ZY, Jiang MD, Lu L, Lu GM, Zhang LJ. Infection Control and Management Strategy for COVID-19 in the Radiology Department: Focusing on Experiences from China. Korean J Radiol. 2020;21(7):851-8, <http://dx.doi.org/10.3348/kjr.2020.0342>.
7. Van Doremalen N, Morris GH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, Tamin A, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. N Engl J Med. 2020;382:1564-7, <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMc2004973>.
8. Rubin GD, Ryerson CJ, Haramati LB, Sverzellati N, Kanne JP, Raoof S, et al. The Role of Chest Imaging in Patient Management during the COVID-19 Pandemic: A Multinational Consensus Statement from the Fleischner Society. Radiology. 2020;296(1):172-80, <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2020201365>.
9. Vigne J, Aide N, Peyronnet D, Nganoa C, Agostini D, Barbey P. When nuclear medicine radiological protection meets biological COVID-19 protection. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2020;47:1802-5, <http://dx.doi.org/10.1007/s00259-020-04806-x>.
10. Mukherji A, Gupta T, Agarwal J. Time, distance, shielding and ALARA; drawing similarities between measures for radiation protection and Coronavirus disease pandemic response. Indian J Cancer. 2020;57(2):221-3, [http://dx.doi.org/10.4103/ijc.IJC\\_343\\_20](http://dx.doi.org/10.4103/ijc.IJC_343_20).
11. World Health Organization (WHO). Health workers exposure risk assessment and management in the context of COVID-19 virus. Suiza: WHO; 2020; [consultado 13 Sep 2022]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331340>.
12. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Interim U.S. Guidance for Risk Assessment and Public Health Management of Healthcare Personnel with Potential Exposure in a Healthcare Setting to Patients with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). Estados Unidos de América: CDC; 2020; [consultado 21 Sep 2022]. Disponible en: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/85723>.
13. Ministerio de Sanidad. Guía de actuación con los profesionales sanitarios en el caso de exposiciones de riesgo a COVID-19 en el ámbito sanitario. España: Ministerio de Sanidad; 2020; [consultado 2 Oct 2022]. Disponible en: [https://oiss.org/guia-de-actuacion-con-los-profesionales-sanitarios-en-el-caso-de-exposiciones-de-riesgo-a-COVID-19-en-el-ambito-sanitario/uploads/2020/03/Contactos.personal\\_sanitario\\_COVID-19.pdf](https://oiss.org/guia-de-actuacion-con-los-profesionales-sanitarios-en-el-caso-de-exposiciones-de-riesgo-a-COVID-19-en-el-ambito-sanitario/uploads/2020/03/Contactos.personal_sanitario_COVID-19.pdf).
14. Sociedad Española de Radiología Médica. La radiología desde la aparición de la infección COVID-19. Análisis y recomendaciones. 2020; [consultado 12 Oct 2022]. Disponible en: <https://senec.es/documento-seram-la-radiologia-desde-la-aparicion-de-la-infeccion-covid-19>.
15. Govindarajan R, Molero J, Tuset V, Arellano A, Ballesster R, Cardenal J, et al. El análisis modal de fallos y efectos (AMFE) ayuda a aumentar la seguridad en radioterapia. Rev Calidad Asistencial. 2007;22(6):299-309, [http://dx.doi.org/10.1016/S1134-282X\(07\)71238-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1134-282X(07)71238-1).
16. Ford E, Gaudette R, Myers L, Vanderver B, Engineer L, Zellars R, et al. Evaluation of Safety in a Radiation Oncology Setting Using Failure Mode and Effects Analysis. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2009;74(3):852-8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrobp.2008.10.038>.
17. Maggiulli R, Giancani A, Fabozzi G, Dovere L, Tacconi L, Amendola MG, et al. Assessment and management of the risk of SARS-CoV-2 infection in an IVF laboratory. Reprod Biomed Online. 2020;41(3):385-94, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbmo.2020.06.017>.
18. Rassiah P, Frances Su FC, Huang YJ, Spitznagel D, Sarkar V, Szegedi MW, et al. Using failure mode and effects analysis (FMEA) to generate an initial plan check checklist for improved safety in radiation treatment. J Appl Clin Med Phys. 2020;21(8):83-91, <http://dx.doi.org/10.1002/acm2.12918>.
19. Teklewold B, Anteneh D, Kebede D, Gezahegn W. Use of Failure Mode and Effect Analysis to Reduce Admission of Asymptomatic COVID-19 Patients to the Adult Emergency Department: An Institutional Experience. Risk Manag Healthc Policy. 2021;14:273-82, <http://dx.doi.org/10.2147/RMHP.S284835>.
20. Thorton E, Brook O, Mendiratta M, Hallet D, Kruskal J. Application of Failure Mode and Effect Analysis in a Radiology Department. Radiographics. 2020;31(1):281-94, <http://dx.doi.org/10.1148/rg.311105018>.
21. BBC News Mundo. Perú duplica las muertes por COVID-19 tras una revisión de cifras y se convierte en el país con la mayor tasa de mortalidad per cápita del mundo; 31 mayo 2021; [consultado 13 Oct 2022]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-57310960>.
22. Cañada A, Cárdenas J, Espejo F, García I, Sastre S, Vicente I. Proyecto de mejora del proceso de atención continuada domiciliaria en atención primaria: rediseño y AMFE. Rev Calid Asist. 2010;25(6):365-71, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cal.2010.06.002>.
23. Seto WH, Tsang D, Yung RW. Effectiveness of precautions against droplets and contact in prevention of nosocomial transmission of severe acute respiratory syndrome (SARS). Lancet. 2003;361:1519-20, [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)13168-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(03)13168-6).
24. Teklewold B, Anteneh D, Kebede D, Gezahegn W. Use of Failure Mode and Effect Analysis to Reduce Admission of Asymptomatic COVID-19 Patients to the Adult Emergency Department: An Institutional Experience. Risk Manag Healthc Policy. 2021;14:273-82, <http://dx.doi.org/10.2147/RMHP.S284835>.
25. World Health Organization (WHO). Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions Scientific Brief. Suiza: WHO; 2020; [consultado 23 Oct 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions>.
26. Herrera-Plascencia P, Enoki-Miñano E, Ruiz-Barrueto A. Riesgos, contaminación y prevención frente al COVID-19 en el quehacer odontológico: una revisión. Rev Salud Pública. 2020;22(4):6560-6565, <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.V22n5.86065>.
27. Chen RC, Cheng LT, Lim JLL, Gogna A, Ng DCE, Teo LZ, et al. Touch Me Not: Safe Distancing in Radiology During Coronavirus

- Disease 2019 (COVID-19). J Am Coll Radiol. 2020;17(6):739–42,  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jacr.2020.04.019>.
28. Tiao CH, Tsai LC, Chen LC, Liao YM, Sun LC. Healthcare Failure Mode and Effect Analysis (HFMEA) as an Effective Mechanism in Preventing Infection Caused by Accompanying Caregivers During COVID-19—Experience of a City Medical Center in Taiwan. Qual Manag Health Care. 2021;30(1):61–8,  
<http://dx.doi.org/10.1097/QMH.0000000000000295>.