

Pautas y reflexiones en la limpieza y desinfección del ambiente hospitalario en tiempos de COVID-19

Zamudio Lugo, Irma¹
Cárdenas Navarrete, Rocío²
Martínez Velazco, Graciela²
Urbina Ayala, M.A.³

Hospital environment cleaning and disinfection in times of COVID-19. Guidelines and reflections

Fecha de aceptación: octubre 2020

Resumen

En este tiempo de pandemia, ante una variante de coronavirus llamado síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2 (SARS COV2), nos enfrentamos a una coyuntura de dilemas e hipótesis causadas por la transmisión del microorganismo, en la cual sin una pauta homologada suficiente y ordenada de limpieza y desinfección en el medio ambiente hospitalario, podemos llegar a considerar una superficie apta sin contar con una prueba cuantitativa que la soporte o bien, incluso, desvirtuar el efecto de un desinfectante por su mal uso o aplicación.

OBJETIVO. Determinar la eficacia de cuatro desinfectantes en el medio ambiente hospitalario cuando se aplica con los estándares locales de limpieza y desinfección.

MATERIAL Y MÉTODOS. Estudio observacional en cuatro áreas de hospitalización de dos centros de atención médica donde se realiza la limpieza y/o la desinfección con varios métodos de aplicación: pulverización, fricción y electromagnética. Se hace la medición de resultados utilizando la bioluminiscencia.

RESULTADOS. La fricción de las superficies con toallas impregnadas de peróxido de hidrógeno presentaron un decremento de hasta 88% de las unidades relativas de luz (URL), comparada con la pulverización de los otros desinfectantes, en habitaciones con limpieza previa las URL por pulverización se redujeron a más de 50%, sin embargo, fue notorio que en algunos espacios —como llaves de lavabo y despachadores— el simple uso de la nebulización fue suficiente para reducir hasta más de 90% las URL. En las tres salas los equipos de anestesia presentaron la mayor carga de materia orgánica (bacterias, virus, entre otras) y la pulverización redujo a más del 95% las URL.

Palabras clave: *limpieza y desinfección de superficies, unidades relativas de luz, bioseguridad.*

Abstract

In this pandemic times, faced with a variant of coronavirus called severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS COV2), we face a conjuncture of dilemmas and hypotheses about the causes of transmission of the microorganism when approved guideline for cleaning and disinfection in the hospital environment are not enough to consider a suitable surface, was in part to the lack of quantitative evidence that allow us to support or detract the effect of a disinfectant due to its misuse or wrong application.

OBJECTIVE. to determine the effectiveness of four disinfectants applied with local cleaning and disinfection standards in the hospital environment.

MATERIAL AND METHODS. observational study carried out in four hospitalization areas of two different health care centers. Cleaning and/or disinfection is carried out with three methods: spraying, friction and electromagnetic. Luminescence-based ATP was used to quantify living cells

RESULTS. friction on surfaces with hydrogen peroxide impregnated towels had a decrease up to 88% in relative light units (RLU) compared to spraying with other disinfectants. In rooms with previous cleaning, with spraying, the RLU had a 50% reduction, however, in sink faucets and dispensers, the simple use of nebulization was enough to reduce RLU more than 90%. Anesthesia equipment in three rooms, had the highest amount of organic material (bacteria, viruses, etc.) and the spraying reduced the RLUS more than 95%.

Keywords: *cleaning, surfaces disinfection, relative units of light, biosecurity.*

¹ Coordinación de Unidades Médicas de Alta Especialidad, Instituto Mexicano del Seguro Social.

² Hospital de Pediatría Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social.

³ Hospital Starmédica Centro.

Correspondencia: Dra. Irma Zamudio-Lugo

Coordinación de Unidades Médicas de Alta Especialidad. Instituto Mexicano del Seguro Social.

Durango 289, piso 3, Colonia Roma Norte. C.P. 06700, Alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México.

Dirección electrónica: irma.zamudio@imss.gob.mx

Reconocer que vivimos en un entorno invadido por microorganismos que pueden ser patógenos para el ser humano, que además cobran mayor importancia en el ambiente hospitalario, nos da la pauta para entender lo que implica tener abierta una caja de pandora que contiene microorganismos que podríamos no estar preparados para enfrentar ante la coyuntura de una epidemia o pandemia.

Para limitar la transmisión de un microorganismo patógeno se deben implementar barreras físicas y realizar adecuaciones estructurales. Las barreras físicas incluyen protecciones corporales como goggles, mascarilla, careta, bata, guantes, overol, entre otros; y las estructurales, las adecuaciones en las habitaciones individuales, cuartos con presión positiva o negativa, entre otras.¹

Las medidas de saneamiento e higiene pueden incluir la aplicación de una protección química, orgánica o electromagnética por diferentes métodos para reducir o eliminar la carga viral y bacteriana, sobre todo del medio ambiente hospitalario.

Es común que los protocolos de limpieza y desinfección tengan diferentes connotaciones en cuanto a la aplicación de una metodología universal, algunos manuales²⁻⁴ adoptan y/o combinan la experiencia local con las recomendaciones de los organismos expertos en el tema. Por ejemplo, algunos recomiendan limpieza y desinfección, y otros más adicionan la descontaminación. Los manuales no siempre son claros en lo que se refiere a las fórmulas y diluciones de los productos utilizados, no mencionan la vida media útil, ni la protección para el personal.⁴

Recientemente se han promovido procedimientos que implican la pulverización del desinfectante (aspersión, nebulización y vaporización). También se ha incrementado el uso de rayos UV, el cual tiene una alta eficiencia pero también desventajas propias y controlables que están relacionadas con la intensidad, el tiempo de exposición y el alcance en las superficies.⁵

En estos tiempos de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) se ha intensificado el interés por mantener el medio ambiente hospitalario con la menor carga posible de contaminantes. En estudios experimentales se ha descrito que el virus SARS COV2 puede vivir en las superficies inanimadas hasta por siete días,⁶ particularmente en metal y vidrio, por lo que es de gran relevancia reconocer cada estructura dentro de la zona del paciente y su entorno.⁷⁻¹⁰ Todo proceso de limpieza y desinfección es factor esencial dentro de los procedimientos para la prevención y control de las infecciones asociadas al cuidado de la salud.

En medios publicitarios se han difundido diversas metodologías para la aplicación de desinfectantes, sin una justificación clara ni evidencia que refleje el efecto en la reducción de la carga microbiológica de las superficies o del ambiente.^{11,12} Todo el entorno, ya sea superficies y objetos de alto contacto —como mesas de exploración, mesas puente, escritorios, manijas, botones de dispositivos médicos— como los de bajo contacto —las partes superiores de vitrinas, lámparas, filtros de aire— pueden tener una cantidad diferente de microorganismos, esto sin contemplar que en algunos sitios en las áreas de hospitalización se llegan a encontrar cajas apiladas, papelería o equipos guardados donde el acceso a la limpieza es difícil y no se realiza con regularidad.

Las recomendaciones actuales sobre limpieza y desinfección, particularmente en el ambiente sanitario, se enfocan en seis prácticas generales que ayudarán a prevenir el riesgo de una transmisión de microorganismos patógenos:¹⁴

- Higiene de manos (HM)
- Preparación para limpiar y desinfectar
- Uso de equipo de protección personal (EPP)
- Limpieza y desinfección
- Lavandería y ropa de cama
- Disponibilidad y almacenamiento de materiales de limpieza

Cuando los líderes de las áreas de limpieza e higiene adoptan una práctica ordenada, esto permite que el proceso a nivel operativo abarque tanto actividades de protección personal por parte de los propios trabajadores de salud (HM y EPP), como el manejo y aplicación adecuado de los productos (preparación para limpiar y desinfectar, limpieza y desinfección, lavandería y ropa de cama y distribución de materiales de limpieza).

La HM y el EPP siempre se deben anteponer a cualquier maniobra o actividad que tenga que realizar el personal operativo de limpieza e higiene, considerando que el EPP será adecuado al tipo y sitio donde realizará la limpieza y desinfección; en cuanto a la aplicación y manejo de los productos, se debe considerar¹³ desde la preparación del carrito de suministros, las diluciones y manejo de los desinfectantes, protocolos de bioseguridad, la manipulación de textiles contaminados y las condiciones en que el trabajador debe guardar el carrito y sus materiales de limpieza antes de retirarse.

El Consejo Asesor Global de Bio-Riesgo (Global Biorisk Advisory Council, GBAC) incluye seis pasos de bioseguridad bajo un protocolo estricto¹⁴ acerca de cómo limpiar y desinfectar superficies con posible SARS-COV-2:

1. Evaluación de los riesgos del sitio del incidente
2. Predesinfección
3. Reducción de la carga
4. Limpieza detallada o exhaustiva
5. Desinfección final
6. Evaluación del sitio al finalizar

La predesinfección y desinfección en materia de bioseguridad debe ser estrictamente supervisada de acuerdo con las recomendaciones del proveedor.

Con estos lineamientos, en varias salas de atención médica de pacientes críticos y semicríticos se realizó una evaluación con tres desinfectantes avalados por la Environmental Protection Agency (EPA) como productos para la emergencia sanitaria por SARS-COV-2, además de un equipo de rayos UV de fabricación local que emite rayos UV a 240 nm.

Material y métodos

Se realizó un estudio observacional en la Unidad Médica de Alta Especialidad del Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI, del IMSS, y en el Hospital Starmédica Centro aplicando cuatro diferentes métodos de desinfección

común, y se efectuaron mediciones de ATP antes y después del procedimiento (cuadro 1).

Los productos utilizados fueron:

- Solución electrolizada de superoxidación con pH neutro a 0.004% de Cl activo, desinfectante de alto nivel y esterilizante en frío de amplio espectro que elimina bacterias, hongos y virus en 30 segundos, el proceso de superoxidación dado por la acción eléctrica (8 voltios) despidiendo ácido hipocloroso
- Solución formulada con pH neutro (6.2 a 7.3) con sustancias activas que contienen oxidantes de cloro activadas de alto poder, como ácido hipocloroso al 75%, ión hipocloroso 15%, dióxido de cloro 8% y ozono 2%
- Luz UV administrada por medio de un equipo fabricado dentro del propio hospital que emite rayos UV a 240 nm
- Para limpieza y desinfección, toallas húmedas con desinfectante a base de peróxido de hidrógeno al 0.5% w/w

Para la limpieza se usó agua y detergente comercial, y en el área de hospitalización se utilizó una solución a base de hipoclorito de sodio al 6% a 1 000 partes por millón (ppm) en atomizador individual.

La aplicación de los productos se hizo de acuerdo con la forma en que cada trabajador de la salud acostumbra a realizar el proceso de limpieza y desinfección. Todos ellos aplicaron las recomendaciones que sus líderes o jefes de área les indicaron.

La efectividad se midió con la cuantificación de unidades relativas de luz (URL), con un hisopo especial que contiene la enzima luciferina suferasa que se activa ante el contacto con materia orgánica, en un cuadrante de entre 5 y 10 cm (25 a 100 cm²) se tomaron muestras en superficies planas, en equipos biomédicos, jaboneras y barandales, así como en las superficies que son de mayor contacto (teclados, manija de las llaves, parte central del barandal y en la manija para despachar papel para secado de manos). Antes y después de la toma de muestras se hizo exactamente en el mismo sitio una vez que el personal de salud se había ausentado. Las salas donde se realizaron las observaciones fueron:

- Sala de Terapia Intensiva COVID*: área de un cubículo individual con puerta para cada paciente, por la parte de afuera hay una mesa de trabajo de enfermería donde se deja la hoja de registros clínicos, esquemas terapéuticos e intervenciones de enfermería. Las mesas se deben asear antes y al finalizar el turno con toallas humedecidas con peróxido de hidrógeno o con compresas humedecidas con jabón de uso hospitalario y posteriormente algún desinfectante. En dos mesas se realizó la pre-desinfección con aspersión y nebulización de un desinfectante, después se friccionó la superficie con jabón simple y se enjuagó con agua, luego se aspersó o nebulizó con los mismos desinfectantes con que se pre-desinfectó. En estas áreas se tomaron muestra antes y después del proceso.

El personal de enfermería desinfectó el teclado de la computadora con alcohol o peróxido de

hidrógeno en toallitas humedecidas. Con el teclado desconectado, aquí se aplicó el desinfectante *b* mediante aspersión a una distancia de entre 50 y 70 cm del mismo, se dejó secar y se midieron las URL.

- Hospitalización no COVID*: habitación individual en la que 24 horas antes se habían desinfectado superficies y equipos electrónicos con hipoclorito de sodio al 6% en una dosis de 1 000 ppm, en ésta se tomaron muestras antes y después de aplicar por aspersión el producto *b* en diferentes superficies.

En quirófanos, posterior a la realización de cirugías, se aplicaron 3 ejercicios de desinfección:

- Quirófano A*: se tomó muestra de superficies para medición de adenosin trifosfato (ATP) por URL, posteriormente se hizo la limpieza con franelas impregnadas con detergente y se enjuagaron con agua todas las superficies y equipos, luego se aplicaron rayos UV en cada superficie por espacio de entre tres a cinco minutos en cada área. Al finalizar el proceso nuevamente se tomó muestra de ATP.
- Quirófanos B y C*: Se tomó muestra para medición de ATP, después todas las superficies y equipos se limpiaron con franelas impregnadas con detergente y se enjuagaron con agua, posteriormente se nebulizó con el desinfectante *b*, se dejó secar y se tomó nueva muestra para medición de ATP.

En los quirófanos el personal de limpieza contaba con mascarilla triple capa, guantes de látex de alta resistencia para uso rudo y pantalón y filipina, así como botas y gorro propios de área blanca, durante la nebulización utilizaron goggles.

Resultados

Los resultados en el área de Terapia Intensiva, donde sólo se aspersaron la mesa 1 y el teclado de enfermería con los desinfectantes *a* y *b*, mostraron que las URL se redujeron en 19 y 13%, respectivamente, mientras que cuando se friccionó la superficie con toalla humedecida con peróxido de hidrógeno la disminución de URL es de 88%. Cuando se aplica pre-desinfección se observa mayor reducción de URL, y cuando se hace la nebulización en lugar de la aspersión el resultado es de 80 vs. 48% de diferencia (cuadro 1).

En la habitación individual no COVID prácticamente la reducción de las URL en todas las superficies medidas se redujo en más del 50%; en el monitor de signos vitales se presentó menor disminución de URL: de 308 a 239.

En el quirófano 4 se observó menos del 50% de reducción de URL en las tres superficies evaluadas (máquina de anestesia, manijas de la mesa de cirugía y lámpara de quirófano), incluso en una de ellas posterior a la nebulización se incrementaron las URL de 195 a 281. En la máquina de anestesia del quirófano 5 el decremento de URL en las manijas de la mesa de cirugía fue de 99%, similar resultado se presentó en las manijas de la mesa en el quirófano 6 (92%). Estos quirófanos no se mencionaron en la toma de muestras, ¿son los A, B y C?

Cuadro 1.
Resultado de cuatro diferentes métodos de desinfección

	Pre-desinfección			Desinfección						Producto aplicado	Medición atp	Diferencia	% de reducción
	Medición atp	Aspersión	Nebulización	Limpieza	Limpieza y desinfección con toallas humedecidas con peróxido de hidrógeno	Cloro al 6% mil ppm	Medición atp	Rayos UV	Aspersión				
Terapia Intensiva covid	Mesa de enfermería 1	140							x		114	26	18.57
	Mesa de enfermería 2	241			x						29	212	87.97
	Tecido de enfermería	225						x		196	29	12.89	
	Mesa de enfermería 3	175	x						x	91	84	48.00	
Hospitalización no covid	Mesa de enfermería 4	114	x							23	91	79.82	
	Bomba de infusión continua									569	56	90.16	
	Mesa puente									290	41	85.86	
	Codos metálicos de la mesa puente									130	43	66.92	
Quirofano 4 A	Jabonera									1 346	639	52.53	
	Llave mezcladora de lavado									1 004	424	57.77	
	Buró									227	153	32.60	
	Monitor de signos vitales									308	239	22.40	
Quirofano 5 B	Máquina de anestesia	1 066									623	443	41.56
	Plancha o mesa de cirugía (manijas)	195									281	-86	-44.10
	Lámpara central de quirófano	163									123	40	24.54
	Máquina de anestesia	324									341	-17	-5.25
Quirofano 6 C	Plancha o mesa de cirugía (manijas)	11 272									117	11 155	98.96
	Lámpara central de quirófano	247									56	191	77.33
Quirofano 6 C	Máquina de anestesia	1 053									479	574	54.51
	Plancha o mesa de cirugía (manijas)	10 282									874	9 408	91.50
	Lámpara central de quirófano	139									68	71	51.08

Comentarios y conclusiones

Los estándares de aplicación de cada producto desinfectante están basados en su poder de desinfección, alcance y nivel de seguridad para el usuario, por lo que se deben utilizar de acuerdo con estándares de seguridad^{15,16} debido a que algunos de ellos son tóxicos, por lo que deben ser manipulados con un equipo personal completo: uso de goggles, overol, guantes, mascarilla N95, entre otros,¹⁵ en habitaciones vacías y selladas herméticamente, como en el caso de los peróxidos y cuaternarios de amonio; algunos otros, por su origen orgánico o inorgánico, se pueden aplicar sólo con uso de goggles y mascarilla simple o doble capa por medio de equipos electrónicos de pulverización que generan micropartículas de diferentes dimensiones y que a nivel comercial se conocen como aspersores y nebulizadores o vaporizadores.

Los desinfectantes autorizados generalmente se presentan en forma líquida con diferentes viscosidades, de ahí que se debe considerar la mecánica de dichos fluidos¹⁷ para que tengan el efecto desinfectante deseado, para ello se puede utilizar el vaciado directo del producto en las superficies, o bien se adhieren a textiles no tejidos para su uso directo con el cuidado necesario en su diseño en materia de absorción y retención líquida, de tal forma que facilitan su aplicación por fricción y tallado en la superficie. Los que se aplican mediante la pulverización utilizan diferentes aparatos o equipos dependiendo del campo en metros cuadrados que se desea desinfectar o descontaminar, el nivel de pulverización tiene que ver con el o los diámetros de salida (línea de corriente), la fuerza del equipo que lo expulsa y la velocidad del aire ambiental para que se disperse, así como de la viscosidad del producto desinfectante.¹⁷ Entre los más utilizados en el campo de la sanidad hospitalaria se encuentran los atomizadores individuales que utilizan la energía del propio líquido, equipos más grandes son los de chorro simple donde se presiona un resorte para que el líquido salga a través de una serie de orificios llamados deflectores (ángulo y número de orificios), también existen equipos que pulverizan al grado de formar microgotas suspendidas en un gas que van de 0.001 a 100µm²⁰, entre más pequeña la gota, permanece más tiempo suspendida y tiene mayor cobertura de acción en una superficie.

Existen otros métodos en materia de bioseguridad que se pueden emplear para la desinfección por medio de la radiación electromagnética entre los rayos X y la luz visible, la longitud de onda depende del efecto germicida deseado, el espectro UV-C (200-280 nm) se considera el más potente para destruir el ADN, el ARN y las proteínas.^{5,6}

Cada paso en el proceso de limpieza y desinfección de superficies se debe vigilar con una lista de verificación, esto reduce significativamente el riesgo de un accidente laboral (infección nosocomial) e incrementa la calidad en la sanidad hospitalaria. Se ha propuesto¹⁵ el uso de la bioluminiscencia para medir el adenosin trifosfato (ATP) que emite un haz de luz, que al combinarlo con un medio especial muestra la cantidad de unidades relativas de luz (URL) que se encuentran en dichas superficies, entre más sean las URL que se presenten en el medidor, mayor es la cantidad de microorganismos o materia orgánica que hay en las superficies,^{18,19} Esta metodología se ha utilizado ampliamente en la

industria de los alimentos, posteriormente se incluyó en los servicios de salud como un método de control y evaluación por parte de los supervisores de limpieza e higiene.^{15,19}

En cuanto a la interpretación de las URL en las superficies inanimadas de un servicio sanitario, buscamos referencias al respecto y nos dimos cuenta que aún no se ha realizado una validación que estandarice el valor, y mucho se debe a que el uso de la bioluminiscencia no se había considerado para ambientes hospitalarios, sin embargo se reconoce que entre menos URL se observen, menor cantidad de microorganismos y/o materia orgánica se encuentra en la superficie, por lo que el objetivo de reducir la carga se cumple y por ello se debe buscar realizar estudios en mayor número de superficies en sitios específicos de un hospital para determinar una medida "estándar" que resuelva paulatinamente las dudas al respecto.

En algunas mediciones se observó que después de aplicar el desinfectante aumentaron las URL, lo cual quizá se debió a que la enzima luciferina suferosa que contiene el hisopo reaccionó ante residuos del desinfectante previamente utilizado y que aún se encontraba en la superficie sin hacer el efecto completo, otra causa pudo ser que el tipo de limpieza no fue el correcto y dejó cubierta materia orgánica dentro de la capa de detergente, y que al aplicar el desinfectante y nuevamente tomar la muestra se disolvió en el desinfectante junto con el residuo de detergente facilitando su exposición.

Es importante comentar que actualmente la bioluminiscencia se usa en la industria de los alimentos, por lo que la experiencia basada en el mundo real⁶ de este proceso ofrece estándares particularizados por la precisión que se gana ante gran número de mediciones que se hacen,¹⁹ y que en el caso de las superficies que se utilizan en la atención médica se encuentra en proceso de maduración en nuestro país, el Instituto Mexicano del Seguro Social lo tiene integrado en el cuadro básico desde hace más de cinco años.

Lo que nos queda claro es que cualquiera de los desinfectantes líquidos empleados, cuando se aplicaron previa fricción de superficie con detergente se logró una reducción importante de las URL comparado con cuando sólo se aplicó el producto en la superficie; asimismo se observó que cuando se hizo limpieza y desinfección con cloro y luego se nebulizó no se mostró un porcentaje de reducción significativo de URL (hospitalización no COVID). En todos los procesos de limpieza y desinfección se dejó libertad a los líderes y operativos para aplicar la técnica habitual; por falta de presupuesto no se pudo realizar el mismo ejercicio según las recomendaciones descritas en este artículo.

El tema de limpieza y desinfección de superficies de acuerdo con las recomendaciones descritas tiene bases en los criterios internacionales y nacionales de predesinfección o descontaminación, limpieza y posterior desinfección, si bien no hablamos explícitamente de los criterios de Spaulding,^{20,21} finalmente son la base de la limpieza y desinfección de superficies no críticas como mesas, pisos, paredes, equipamiento electrónico, entre otros, tema avalado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y por la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Es necesario e imperativo darle el peso y seriedad a la vigilancia y supervisión de los procesos de limpieza y desinfección en cada unidad hospitalaria, la cual debe contribuir en reducir el riesgo de

infección nosocomial no sólo para SARS-COV-2, sino también para otras infecciones,^{14,22} por ello se deben plantear, desde las normatividades institucionales hasta las locales, planes estructurados que respondan ante esta pandemia y sosteniblemente ante el riesgo de un rebrote, o bien la presencia de otros eventos de contingencia sanitaria. El grupo internacional Sello Verde propone cinco mejores prácticas en la limpieza y desinfección²³ que se pueden adaptar a la cotidianeidad de cualquier institución pública o privada.

La primera es crear un plan de limpieza y desinfección con base en el tipo de superficie y nivel de contacto que se tiene con ella. La segunda es no dar por hecho que el personal operativo de limpieza e higiene sabe hacer las cosas, es necesario asegurarse de que el personal de limpieza esté debidamente capacitado. En tercer lugar, en materia de bioseguridad se debe mantener la sostenibilidad y el aire interior saludable vigilando el nivel de irritación y/o toxicidad de los productos que se emplean para desinfectar, para ello es necesario respetar las recomendaciones precisas que indica cada producto. Como cuarta práctica está la

comunicación del plan de limpieza y desinfección, punto de gran valor al interior de la organización pues permite que se aplique cada proceso de forma segura y eficiente, en muchas ocasiones el personal hace el trabajo de acuerdo con la recomendación, pero si el resto del personal no lo sabe, puede contaminar o reducir la eficacia del trabajo realizado, e incluso causar la molestia del operativo porque se desmerece el trabajo. Finalmente, como quinta mejor práctica está la de proporcionar condiciones de trabajo más seguras, las cuales se deben enfocar en dotar del EPP y uniforme o vestuario apropiados, así como la protección a la salud ante cualquier eventualidad que se presente en el trabajador.²³

Agradecimientos:

Agradecemos a la maestra Maribel F. Zepeda Arias, jefe de la División de Enfermería del IMSS, a la licenciada Claudia Hernández Cruz, y a las ingenieras Cristina Barbeyto Barreto y Celia Martínez Melchor por las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto.

Referencias

1. "Guía para la prevención de infecciones en entornos de atención médica ambulatoria. Expectativas mínimas para la atención segura", Center for Disease Control and Prevention, National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases, versión 2.3, septiembre de 2016.
2. Secretaría Distrital de Salud, Dirección de Salud Pública, "Limpieza y desinfección de equipos y superficies ambientales en instituciones prestadoras de servicios de salud", Bogotá, Colombia, septiembre de 2011.
3. Villareal, A., "Manual de limpieza y desinfección de áreas de laboratorio clínico", Empresa Social del Estado Hospital de San José de la Palma, Colombia, versión V01-2018.
4. "Manual de la Supervisora y el Supervisor de Limpieza e Higiene", Instituto Mexicano del Seguro Social, México, 2018.
5. Lazarova, V., Savoye, P., Janex, M.L., Blatchley, E.R. y Pommepuy, M., "Advanced wastewater disinfection technologies: State of the art and perspectives", *Wat Sci Tech*, 1999, 40: 203-213.
6. Van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D.H., Holbrook, M.G., Gamble, A., Williamson, B.N. *et al.*, "Aerosol and surface stability of SARS-COV-2 as compared with SARS-COV-1", *N Engl J Med*, 2020, 382: 1564-1567.
7. Ye, G., Lin, H., Chen, S., Wang, S., Zeng, Z., Wang, W., Zhang, S., Rebmann, T., Li, Y., Pan, Z., Yang, Z., Wang, Y., Wang, F., Qian, Z. y Wang, X., "Environmental contamination of SARS-COV-2 in healthcare premises", *J Infect*, 2020, 81 (2): e1-e5. DOI: 10.1016/j.jinf.2020.04.034.
8. Faridi, S., Niazi, S., Sadeghi, K., Naddafi, K., Yavarian, J., Shamsipour, M., Jandaghi, N.Z.S., Sadeghnia, K., Nabizadeh, R., Yunesian, M., Momeniha, F., Mokamel, A., Hassanvand, M.S. y Mokhtari Azad, T., "A field indoor air measurement of SARS-COV-2 in the patient rooms of the largest hospital in Iran", *Sci Total Environ*, 2020, 725: 138401.
9. World Health Organization, "Cleaning and disinfection of environmental surfaces in the context of COVID-19: interim guidance", 15 de mayo de 2020, WHO. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/332096>.
10. Hand Higiene Technical Referente, "Manual©", Organización Mundial de la Salud, 2009.
11. Unidad de Cambio Climático y Determinantes Ambientales de la Salud, "El uso de túneles y otras tecnologías para la desinfección de humanos utilizando rociado de productos químicos o luz UV-C", Departamento de Enfermedades Transmisibles y Determinantes Ambientales de la Salud, OPS/CDE/CE/COVID-19/20-0012.
12. "Guía para la recomendación de no uso de sistemas de aspersión de productos desinfectantes sobre personas para la prevención de la transmisión de COVID-19", Ministerio de Salud y Protección Social, Bogotá, Colombia, abril de 2020.
13. "Guidance for Cleaning & Disinfecting in Healthcare Environments Response to Coronavirus Disease (COVID-19) ISSA/IEHA Tip Sheet, 8 de abril de 2020. Disponible en: https://www.issa.com/wp-content/uploads/ISSA_IEHAs-Professional-Tip-Sheet-for-COVID-19.pdf. Consultado: 12 de julio de 2020)
14. Global Bio-Risk Advisory Council® (GBAC), "Recommendations for RISK ASSESSMENT for the cleaning and forensic restoration industry in response to COVID-19", ISSA Tip Sheet, 7 de febrero de 2020. Disponible en: https://www.issa.com/wp-content/uploads/ISSA_GBAC_Tips_Sheet_02072020.pdf. Consultado: 12 de julio de 2020.
15. Norma Oficial Mexicana NOM-116-STPS-2009, "Seguridad-Equipo de protección personal-Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas-Especificaciones y métodos de prueba", *Diario Oficial de la Federación*, martes 22 de diciembre de 2009.
16. Norma Oficial Mexicana NOM-047-SSA1-2011, "Salud ambiental-Índices biológicos de exposición para el personal ocupacionalmente expuesto a sustancias químicas", *Diario Oficial de la Federación*, miércoles 6 de junio de 2012.
17. Arregui de la Cruz, F.J., Cabrera Rochera, E., Cobacho Jordán, R., Gómez Sellés, E. y Soriano Olivares, J.,

- "Dinámica de fluidos", en *Apuntes de mecánica de fluidos*, Valencia, Universitat Politècnica de València, 2017, pp. 75-85.
18. Lefebvre, A.H., "Atomization and sprays. General considerations", Hemisphere Publishing Corporation, 1989, cap. 1, pp. 105-109.
 19. "Límites inferior y superior de las URL para un programa de monitoreo de ATP". Disponible en: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:bqJiDffKNVkJ:https://www.higiene.com/index.php%3Foption%3Dcom_docman%26view%3Ddocument%26alias%3D696-establishing-rlu-pass-fail-limits-healthcare. Consultado: 13 de julio de 2020.
 20. Diane, G., Dumigan, I., Boyce, J.M., Havill, N.L., Golebiewski, M., Balogun, O. y Rizvani, R., "Who is really caring for your environment of care? Developing standardized cleaning procedures and effective monitoring techniques", *Am J Infect Control*, 2010, 38 (5): 387-392. DOI: 10.1016/j.ajic.2009.07.005.
 21. List, N., "Products with emerging viral pathogens and human coronavirus claims for use against SARS-COV-2". Disponible en: www.epa.gov/pesticide-registration/list-n-disinfectans-use-against-sar-cov-2. Consultado: 20 de mayo de 2020.
 22. "Manual de esterilización para centros de salud", Organización Panamericana de la Salud, Washington, D.C., 2008.
 23. "Guidelines for safer COVID-19 cleaning and disinfection. Effective and responsible cleaning and disinfecting practices for occupant health and safety", Green Seal's. Disponible en: <https://greenseal.org/disinfecting-guidelines>. Consultado: 20 de mayo de 2020.