

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2025,
Volumen 9, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

COVID-19, ANÁLISIS DE RIESGO EN LA PROGRAMACIÓN DE LA OBRA CIVIL

**COVID-19, RISK ANALYSIS IN CIVIL WORKS
PROGRAMMING**

Jesús Emmanuel Cerón Carballo
Profesor investigador AAIyA, UAEH

Humberto Iván Navarro Gómez
Profesor investigador AAIyA, UAEH

Eber Pérez Isidro
Profesor investigador AAIyA, UAEH

Cutberto Rodríguez Álvarez
Profesor investigador AAIyA, UAEH

María del Refugio González Sandoval
Profesora investigadora AAIyA, UAEH

José Manuel Sausedo Solorio
Profesor investigador AAIyA, UAEH

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.18153

Covid-19, Análisis de riesgo en la programación de la Obra Civil

Jesús Emmanuel Cerón Carballo¹

jesus_ceronc@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2809-3387>

Profesor investigador AAIyA, UA EH
Estados Unidos Mexicanos

Humberto Iván Navarro Gómez

humberto_navarro@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2338-4863>

Profesor investigador AAIyA, UA EH
Estados Unidos Mexicanos

Eber Pérez Isidro

eber_perez@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8500-710X>

Profesor investigador AAIyA, UA EH
Estados Unidos Mexicanos

Cutberto Rodríguez Álvarez

profe_7479@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-9225-8695>

Profesor investigador AAIyA, UA EH
Estados Unidos Mexicanos

María del Refugio González Sandoval

mrgonzalez@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8174-1393>

Profesora investigadora AAIyA, UA EH
Estados Unidos Mexicanos

José Manuel Sausedo Solorio

sausedo@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4532-7675>

Profesor investigador AAIyA, UA EH
Estados Unidos Mexicanos

RESUMEN

Las etapas y el desarrollo de los trabajos en una edificación, actualmente son planificados considerando los procesos constructivos normados por reglamentos Municipales, Estatales y Federales. Las autoridades hacen referencia a la implementación de medidas sanitarias aplicables al personal eventual cuya actividad es puramente presencial, el experimento consistió en la observación directa en el año 2020, 2021 y 2022, en una obra civil en la ciudad de Pachuca, estado de Hidalgo, Estados Unidos Mexicanos, de grupos de trabajadores realizando labores de acuerdo a las etapas constructivas. En esta investigación se presenta la metodología que muestra el análisis probabilístico del riesgo que un virus altamente contagioso afecta a la salud, como el que produce la enfermedad COVID-19 creando un ambiente que altera la duración de actividades y la explicación del porque las medidas sanitarias en los trabajos de campo, pueden producir ausencia de protección.

Palabras clave: covid-19, obra civil, edificación, protección, riesgo

¹ Autor principal

Correspondencia: jesus_ceronc@uaeh.edu.mx

Covid-19, Risk analysis in Civil Works programming

ABSTRACT

The stages and development of the work in a building are currently planned considering the construction processes regulated by Municipal, State and Federal regulations. The authorities refer to the implementation of sanitary measures applicable to temporary personnel whose activity is purely face-to-face, the experiment consisted of direct observation in 2020, 2021 end 2022, in a civil work in the city of Pachuca, state of Hidalgo, of groups of workers carrying out work according to the construction stages. This research presents the methodology that shows the probabilistic analysis of the risk that a highly contagious virus affects health, such as the one that produces the COVID-19 disease, creating an environment that alters the duration of activities and the explanation of why the sanitary measures. in field work, they can cause lack of protection.

Keywords: covid-19, civil works, building, protection, risk

Artículo recibido 10 mayo 2023

Aceptado para publicación: 15 junio 2023

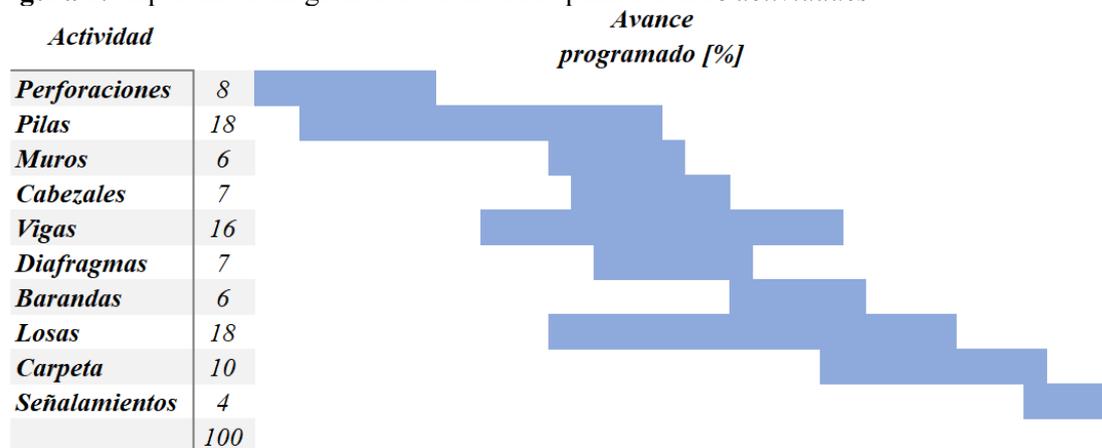


INTRODUCCIÓN

En la construcción, la planeación de las actividades se realiza, utilizando el método Gantt, este método, incorpora una ruta crítica (González, 2004), prevista para alojar holguras inesperadas, como por ejemplo, aparición de contagios, dando origen a una re-programación de la planeación, creando graficas de avance físico y financiero probabilístico (Anaya, 2014), por ello, en este trabajo se presenta un análisis probabilístico incluyente en la aplicación de medidas de protección [MDP] (Celeste, 2017), que producen un cambio de los rendimientos de los insumos (Botero, 2002) y las Medidas Sanitarias [MS] producen un incremento en la cantidad de materiales, ambas alteran el presupuesto ordinario (González, 2004).

Actualmente este modelo cambia de forma intempestiva formando secuencias alternas probabilísticas de los elementos terminales de la red del proyecto con la mayor duración entre ellos (García, 2017), además de incorporar caminos simultáneos de red con holguras probables críticas, utilizando una prioridad de actividades [Pareto] y generando un diagrama de Actividades [Gantt], como se observa en la Figura 1, (Bonet Borjas, 2005).

Figura 1. Representación gráfica de Gantt de la planeación de *actividades*



Elaboración propia

Las medidas de protección [MDP] utilizadas en el análisis probabilístico son las recomendadas por la secretaria de salud (Gobierno Hidalgo, 2020), (realizar prueba de laboratorio con la presencia de síntomas o en su caso sí estuvo expuesto al virus por contacto directo con personas o superficies infectadas, uso de mascarilla, uso de guantes) (Araya, 2021) y además se incluye una medida aplicable a la integración de cada cuadrilla de trabajo, como lo es, el uso exclusivo del equipo y la herramienta

mínima necesaria para el cumplimiento de la jornada laboral, como medida para prevenir el contagio (Nissinboim, 2018) (Umegido-valdez, 2022).

El personal especializado contratado potencialmente infectado requerirá una medida de aislamiento o distanciamiento social; obligando a la empresa constructora a realizar una reprogramación de actividades [RA] (Ortegón, 2015), partidas o etapas constructivas, este proceso fue observado en mayor medida en el año 2020, en cuanto al año 2021 las MS y las MDP aminoraron, aun así, la afectación a la programación de actividades era inevitable, (Albarracín, 2020).

Probabilidades

En este trabajo se omite la normalización de las MDP para asignarles un valor (Martínez, 2020), debido a que ninguna de ellas es más importante que otra, sin embargo, la omisión de alguna medida provoca un evento desafortunado probabilístico maximizando el contagio (Mendoza, 2020), el valor total de la probabilidad al cumplirse una, varias o todas las MDP al presentarse simultáneamente o en forma consecutiva; se puede obtener utilizando un árbol de probabilidad considerando la probabilidad condicional (Palau, 2017).

Zona de estudio

El Puente Atirantado, ubicado en la vía bulevar Luis Donaldo Colosio en la ciudad de Pachuca, Estado de Hidalgo, País Estados Unidos Mexicanos, forma parte de las mejoras de modernidad a las vías de comunicación, tiene 530 metros de largo; asimismo, cuenta con 4 mástiles de 25 metros de alto, iluminación LED y áreas verdes, como se observa en la Figura 2

Figura 2. Representación gráfica de la zona de estudio



Elaboración propia

El tensado de los 48 tirantes que sostienen la estructura, de los cuales, 40 son de tipo semiarpa y ocho son tipo horizontales, con los cuales se obtiene un claro atirantado de 200 metros lineales. La parte atirantada carga un total de 6 mil 140 toneladas. la empresa constructora firma un contrato con un plazo de ejecución de 356 días naturales, sin embargo, el puente atirantado demoró el tiempo de entrega, de tal forma que, para cuando llegó la fecha de entrega, la infraestructura apenas llevaba el 60 por ciento de avance; además, debido a la emergencia sanitaria y por la inflación, el precio del acero había aumentado un 200 por ciento, en consecuencia, el monto contractual aumento. Tras varios meses de retrasos, el periodo de ejecución fue de 25 meses y el 4 de marzo de 2022 se abrió el paso vehicular en esta infraestructura.

La incertidumbre del inicio y término de las etapas constructivas, nos lleva a crear un diagrama de Actividades, donde se representa gráficamente del desarrollo de un plan de proyecto (Manzanelli, 2020), de manera simple y con la facilidad de preparación. Pero no se reflejan las interrelaciones entre las diferentes actividades. Simultáneamente se integra al diagrama de Gantt, como base para definir el presupuesto de obra (Botero, 2002).

Medidas sanitarias [MS]

Las medidas que se utilizan en el proceso de ejecución de una edificación, serán las destinadas para evitar que el personal eventual, transmita un virus debido al ingreso de su centro de trabajo, durante el proceso de los trabajos y al termino de ellos, estas medidas son todas aquellas acciones que previenen el contagio por contacto directo y por contaminación del espacio laboral (Unidas, 2020).

El personal eventual labora en el centro de trabajo agrupado en cuadrillas, el contacto directo entre las personas que interactúan obstruye la prevención al contagio por contacto, debido a la cercanía de su espacio laboral, esto resulta inevitable en la industria de la construcción (Catalina, 2010). Las medidas sanitarias utilizadas al ingreso del centro laboral son preventivas y nunca deben ser correctivas de contagio, la secretaria de salud recomienda utilizar sanitizantes, rociando la ropa, la maleta y la herramienta del personal, así como realizar recorridos para esparcir el sanitizante en los espacios cerrados, como lo es la bodega o almacén de insumos (Gobierno Hidalgo, 2020).



Medidas de protección [MDP]

Existe una valoración que prioriza a los métodos de protección ante una pandemia, esta valoración es aplicable a cualquier modelo implementado por las autoridades de salud en cualquier país, en México estos métodos siguen esquemas a través de fases del modelo epidemiológico utilizado en el estado de Hidalgo, como se observa en la Figura 3.

El modelo que se aplica de protección es el operativo escudo, medidas para reducir el riesgo de propagación del virus a través de la reducción del riesgo de contagio por diversas amenazas, como por ejemplo la cercanía de la distancia de contacto entre individuos o la aglomeración de espacios. Las MDP se implementan de forma individual, capacitando y recomendando a la población laboral métodos para preservar la salud, como son, el uso de mascarillas, guantes, herramienta propia y limpieza personal (Unidas, 2020) (Gobierno Hidalgo, 2020).

Figura 3. Representación gráfica de las MDP en la zona de estudio



Elaboración propia

METODOLOGÍA

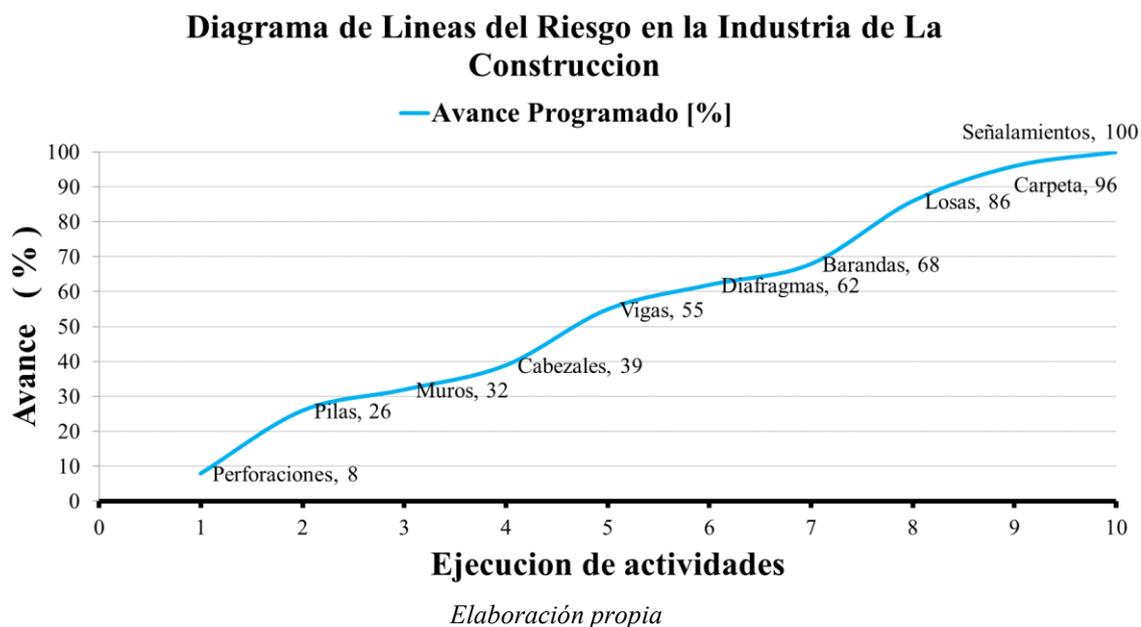
Las MS y las MDP se deben implementar en todas y cada una de las etapas constructivas (García, 2017), así como, se deben integrar en la planeación y programación del proyecto (Ortegón, 2015), incluyendo los materiales utilizados en la explosión de insumos, cuya cantidad se determina considerando la duración de los trabajos y el periodo de ejecución programado (Martínez, 2020). El riesgo que presenta el Covid-19 en la industria de la construcción [RIC] (Unidas, 2020), se determina aplicando las probabilidades de las MDP en las gráficas del programa de ejecución inicial (Nissinboim, 2018), los

componentes de riesgo hacen aumentar la probabilidad de dañar los puntos más vulnerables de la administración de actividades (Pérez, 2020).

Grafica de líneas de control

La simulación del análisis probabilístico de los efectos causantes por el Covid-19, pueden representarse en una gráfica de líneas (López, 2010), el control de las causas y efectos de la pandemia alteran los importes de los precios unitarios ordinarios en el proceso de planeación mostrados en la Figura 4, sin embargo, el avance físico puede alterarse sin que se modifiquen los importes contractuales (Pérez, 2020).

Figura 4. Representación gráfica de la planeación de actividades en la zona de estudio



El catálogo de conceptos de la totalidad de las partidas incluyente en cada etapa constructiva de la planeación de proyecto forma la base para la generación de la gráfica de avance financiero de porcentajes probabilístico (Tort-Nasarre, 2021), por otro lado. La duración de las actividades puede crecer y afectar el avance físico, para ello puede considerarse las actividades vitales y triviales, sin ordenarlas por prioridades, sin embargo, utilizando el análisis con el método de Pareto se facilita el estudio para encontrar el riesgo buscado, utilizando una distribución de las MDP, así como, sus posibles efectos, por consiguiente, esto no desarrollará un proceso lineal (Botero, 2002).

Método de Pareto

El utilizar las MDP minimiza el contagio, es decir, este proceso es vital, así como, el no utilizarlo genera trivialidad y maximiza los efectos, esto se muestra en la Figura 5, (Bonet Borjas, 2005).

El principio de Pareto es también conocido como la regla del 80-20, distribución A-B-C, ley de los pocos vitales o principio de escasez del factor. Se utiliza implementando los porcentajes propuestos por Pareto para las actividades vitales, tomando un valor de probabilidad del 20% y para las triviales del 80% del pronóstico (Campo, 2019) (Tort-Nasarre, 2021), si $[MDP = \emptyset]$ entonces, en esta investigación se denomina el valor numérico de la unidad ($i = 1$), por tanto $P_{(i)} = 0.2$; y en caso contrario el valor numérico cero ($i = 0$), por tanto $P_{(i)} = 0.8$, (Palau, 2017).

Árbol de probabilidad

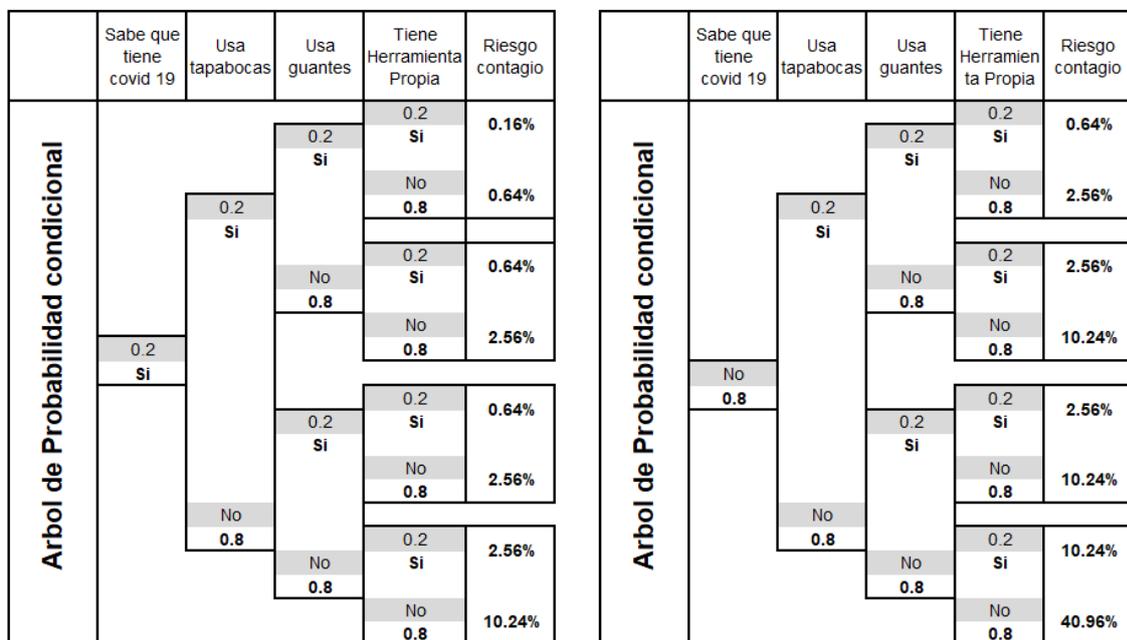
Cuando se tienen varios criterios de análisis y se desea determinar el valor de la probabilidad de eventos alternos o simultáneos, se puede utilizar el árbol de probabilidades, sin embargo, en este trabajo se realiza el cálculo de la probabilidad de la cuadrilla de trabajo en cualquier etapa constructiva, pudiendo tener uno o varios valores de probabilidad de riesgo de contagio, por tanto, este valor aplica directamente en la alteración cuantitativa de la duración de la actividad en cuestión, por ende, también altera el análisis económico (Contreras José, 2011). En esta investigación, en la parte experimental se recaban datos, utilizando el método binario (Polanco, 2013), asignando el valor numérico de la unidad ($i = 1$) al cumplimiento $[MDP \neq \emptyset]$ y el valor numérico cero ($i = 0$) en caso contrario $[MDP = \emptyset]$ (Campo, 2019).

La probabilidad de contagio crece cuando $MDP = \emptyset$ y $MS = \emptyset$ (Palau, 2017), por consiguiente, $RA \neq \emptyset$, por lo tanto, los procesos de construcción se analizaron de acuerdo a su impacto en la ruta crítica (Atilio A. Boron, 2005), dichas actividades no presentan holgura, sin embargo, son ajustadas de acuerdo a RA (González, 2004), por otro lado, la duración de la programación de actividades crece de acuerdo al impacto de contagio del virus y de la incapacidad de personal (Moreno, 2020), lo que se pretende en este estudio, es conocer probabilísticamente el incremento del periodo de ejecución de los trabajos (Batanero, 2013).

Para lograr caracterizar las actividades de construcción, estas fueron seleccionadas determinando su impacto, su relevancia, exclusividad y su especificidad (Catalina, 2010), por lo consiguiente, los

conceptos de trabajo en una obra civil, se pueden clasificar en dos grupos, el primer grupo lo forman los que están integrados en la ruta crítica (Atilio A. Boron, 2005), y que de acuerdo a su caracterización su holgura es nula a los cuales se les llama conceptos vitales (López, 2010), y los del segundo grupo lo forman los que no integran la ruta crítica a los cuales se les llama conceptos triviales (Araya, 2020). En este trabajo se aplica el árbol de probabilidades incluyendo las actividades implicados en el análisis, evaluándolos simultáneamente en cada MDP, este proceso y aplicando los porcentajes previstos del principio de Pareto, otorga un valor vital y un valor trivial en cada actividad y en cada MDP, como se muestra en la Figura 5. (López, 2010).

Figura 5: Representación gráfica de la probabilidad condicional



Elaboración propia

El orden asignado en las condicionantes del árbol de probabilidades atienden a los ordenamientos gubernamentales, primeramente al tener síntomas o tener conocimiento de estar enfermo, posterior a cubrir boca y nariz con una mascarilla, posterior utilizar guantes en la zona de trabajo, posterior, solo utilizar herramienta propia (Gobierno Hidalgo, 2020) (McFarland, 2021).

Prueba Covid [C (i)]

En la presente investigación se toman en consideración dos principios fundamentales (J. Cerón, 2024): El primero es el conocer si existe contagio, esta etapa es atribuible a que se encuentra presente el virus y se transmite por contacto directo del personal, de tal manera que, existe la posibilidad de contagio a

partir de una persona infectada que sabe que está enferma [$C(i)$], en este caso el valor del subíndice i , tomara el valor uno. El segundo principio es cuando la persona no sabe que está enferma pero existe la posibilidad de contagio, el subíndice tomara el valor cero, (Bonet Borjas, 2005).

Si $i=1$; $C_1 = 0.2$	(1)
Si $i=0$; $C_0 = 0.8$	

Mascarilla [M (i)]

Una de las tareas con mayor dificultad en la industria de la construcción será mantener la convicción individual del personal eventual del uso permanente de una mascarilla, esta labor tiene una variante de problemas muy extensa, una de ellas es el contacto con los materiales de construcción y con el quehacer diario, además del sudor, producto de las mismas actividades, lo que provoca que se acumule en la mascarilla residuos de materiales y polvos de la actividad, creando con esto un foco de infección diverso, ahora no solo del Covid-19, sino que se suman otras bacterias que pueden causar cualquier otra enfermedad; por utilizar la mascarilla impregnada de ellas en toda la jornada laboral, por lo consiguiente, se recomienda, que se tomen MDP solo cuando exista contacto de comunicación verbal, con esta decisión, el uso de la mascarilla es vital y minimiza la probabilidad de contagio, el valor del subíndice i , tomara el valor uno, caso contrario será trivial porque lo maximiza, el valor del subíndice i , tomara el valor cero (Palau, 2017).

Si $i=1$; $M_1 = 0.2$	(2)
Si $i=0$; $M_0 = 0.8$	

Guantes [G (i)]

Los guantes utilizados son de material carnaza y definitivamente el promover utilizarlos es vital y contrarresta el contacto de las manos con la cara, [$G(i)$], en este caso el valor del subíndice i , tomara el valor uno, en caso contrario será trivial y el valor del subíndice i , tomara el valor cero (Martínez, 2020).

Si $i=1$; $G_1 = 0.2$	(3)
Si $i=0$; $G_0 = 0.8$	

Herramienta y equipo [H (i)]

La herramienta y equipo utilizado de forma individual es vital y disminuye el contacto entre cuadrillas, [H (i)], en este caso el valor del subíndice i, tomara el valor uno, en caso contrario será trivial y el valor del subíndice i, tomara el valor cero (Botero, 2002).

$\begin{aligned} \text{Si } i=1 & \quad ; \quad H_1 = 0.2 \\ \text{Si } i=0 & \quad ; \quad H_0 = 0.8 \end{aligned}$	(4)
--	-------

Programación real [R (r)].

El riesgo es sinónimo de peligro y antónimo de seguridad, es una posibilidad de la aparición de contagios individuales y colectivos, un porcentaje de la aparición de riesgo se puede determinar utilizando un diagrama de probabilidades condicionales de árbol, aplicando valores determinados con el método de Pareto a las MDP, para determinar el índice de riesgo de reprogramación de actividades se utiliza la Ecuación 5, así mismo, para determinar los riesgos basados en probabilidades condicionales en las MDP, se determinan utilizando la Ecuación 6, 7, 8 y 9, correspondientemente (Unidas, 2020).

$R_{(r)} = \prod \ R_C \ R_M \ R_G \ R_H \ $	(5)
$R_C = \ C_{(i)} \ _{i=0,1} \quad ; \quad \sum_{i=0}^1 \ C_{(i)} \ = 1$	(6)
$R_M = \ M_{(i)} \ _{i=0,1} \quad ; \quad \sum_{i=0}^1 \ M_{(i)} \ = 1$	(7)
$R_G = \ G_{(i)} \ _{i=0,1} \quad ; \quad \sum_{i=0}^1 \ G_{(i)} \ = 1$	(8)

RESULTADOS

En este trabajo se prioriza el conocimiento utilizando la prueba de laboratorio del personal de campo (J. E. Cerón, 2024), anteponiéndose a las medidas de protección individual y colectivas, en segundo lugar, se analiza el uso de esquemas de protección individual, como lo son el uso de mascarilla, así como, el uso de guantes y, por último, en tercer lugar, la política de utilización de herramienta y equipo de trabajo propio, restringiendo los préstamos basados en un control de inventarios (Hernández, 2022).

Estos métodos de protección serán más eficientes, si y solo si, se llevan con estricto control, sin embargo, la libertad del albedrío hace que esta labor minimice el control y, por ende, eleve la probabilidad de contagios y por consiguiente incremente los plazos de ejecución y la duración de actividades programadas(Cerón, 2023), las probabilidades son el resultado de aplicar el principio de Pareto en el árbol de probabilidades considerando las MDP, debido a que impactan a la conducta del personal (Nissinboim, 2018) (Araya, 2021).

Programación de obra

Para la determinación de las actividades que intervienen en el análisis de la gráfica de líneas, se utiliza el método de Pareto, escogiendo los conceptos, partidas o etapas constructivas vitales, aplicando el porcentaje de acuerdo a los importes o porcentajes del avance programado (Campo, 2019).

Se observó el comportamiento de la mano de obra en la etapa de la construcción civil en la ciudad de Pachuca del estado de Hidalgo, considerando la utilización de cuatro criterios de análisis(Cerón-carballo, 2024), el experimento se presenta en la Tabla 1, se determina el riesgo “RIC” utilizando la Figura 5 y se muestran los porcentajes del riesgo de contagio en cada una de las etapas constructivas, (González, 2004).

Tabla 1: Determinación del riesgo de contagio de las etapas constructivas de la Obra Civil (%)

<i>Actividad</i>	<i>C</i>	<i>M</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>RIC</i>
<i>Perforaciones</i>	1	1	1	1	0.16%
<i>Pilas</i>	0	0	1	0	10.24%
<i>Muros</i>	0	1	0	1	2.56%
<i>Cabezales</i>	0	0	0	1	10.24%
<i>Vigas</i>	0	0	0	0	40.96%
<i>Diafragmas</i>	0	1	0	1	2.56%
<i>Barandas</i>	0	0	0	0	40.96%
<i>Losas</i>	0	0	0	0	40.96%
<i>Carpeta</i>	0	0	1	1	2.56%
<i>Señalamientos</i>	1	1	1	1	0.16%

Elaboración propia

El análisis de la descripción de las actividades seleccionadas y las MDP, al momento de observarlas se identifican con el valor numérico uno o en su caso el valor cero, para el cumplimiento de las MDP o su omisión (Polanco, 2013).

Matriz de decisión

Se aplica el método de Pareto y se determina que la etapa constructiva que genera problemática para implementar las MDP, es en las losas del puente. Este trabajo muestra la selección de actividades de las etapas constructivas evaluando el 20% de los porcentajes programados, como se observa en la Tabla 2, el procedimiento para determinar los valores de la matriz decisional es aplicando la Ecuación 6, 7, 8, y 9. Para determinar el porcentaje de riesgo RIC, mostrado en la Tabla 2, se utiliza la ecuación 5, previamente se aplica la evaluación de las MDP en la Ecuación 1, 2, 3 y 4, las MDP se determinaron realizando la observación directa en campo en los meses de agosto 2020 a marzo de 2022 en la ciudad de Pachuca de Soto del Estado de Hidalgo (Gobierno Hidalgo, 2020).

Tabla 2: Matriz de decisión de las MDP y Riesgo en la Industria de la Construcción (%)

<i>Actividad</i>	<i>Avance programado</i>	<i>C</i>	<i>M</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>RIC</i>	<i>Avance probabilístico</i>
<i>Perforaciones</i>	8	1	1	1	1	0.16%	7.99
<i>Pilas</i>	18	0	0	1	0	10.24%	16.16
<i>Muros</i>	6	0	1	0	1	2.56%	5.85
<i>Cabezales</i>	7	0	0	0	1	10.24%	6.28
<i>Vigas</i>	16	0	0	0	0	40.96%	9.45
<i>Diafragmas</i>	7	0	1	0	1	2.56%	6.82
<i>Barandas</i>	6	0	0	0	0	40.96%	3.54
<i>Losas</i>	18	0	0	0	0	40.96%	10.63
<i>Carpeta</i>	10	0	0	1	1	2.56%	9.74
<i>Señalamientos</i>	4	1	1	1	1	0.16%	3.99
	100.00						80.45

Elaboración propia

DISCUSIÓN

La investigación realizada en campo muestra que las MDP adoptadas en la ejecución de los trabajos para la realización de un puente vehicular construido en la ciudad de Pachuca de Soto, Estado de Hidalgo, son implementadas individualmente (Cerón-carballo, 2024), se observó que estas carecen de eficacia debido a la actividad adoptada para la realización de cada una, sin embargo, todos los trabajadores muestran intención de llevarlas a cabo (Seungjun, 2013).

Avance programado y real

Las MDP previstas son adoptadas en condiciones normales de una actividad cotidiana, sin embargo, en condiciones de trabajos realizados con esfuerzo, intemperie, ambiente desfavorable, sudor de la propia labor y la propia rapidez con la que se requiere implementar a cada actividad, muestran deficiencias en mantener dichas medidas. La Figura 6, muestra la aplicación del RIC en el avance programado creando la gráfica de líneas del avance probabilístico, se observa un incremento de la duración de las etapas constructivas del 110% (Palau, 2017).

Diagrama de Líneas del Riesgo en la Industria de La Construcción

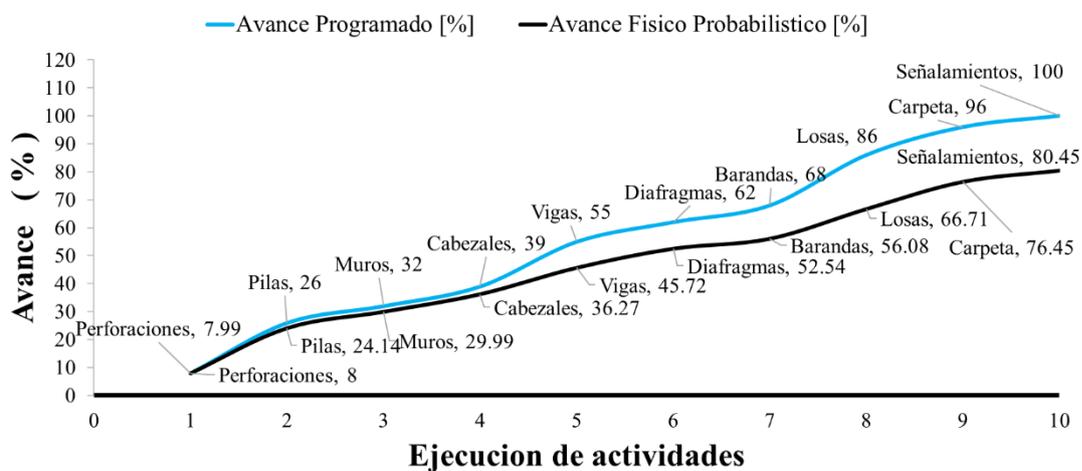


Figura 6: Representación gráfica de la comparativa de avance programado y probabilístico. Elaboración propia

Se observó que en la fabricación de cimbra no se porta con mascarilla, se utilizan guantes y se usa herramienta propia, en el habilitado de la cimbra se usa la mascarilla y no se observó el uso de guantes y la herramienta se la prestaban; en la fabricación de los armados se adoptaron todas las MDP; en el habilitado del acero de refuerzo se adopta el uso de guantes y herramienta propia y no usan mascarilla y por último en el vaciado del concreto no se adopta ninguna MDP, con estos datos se vierte la información en la Tabla 2.

CONCLUSIONES

La aplicación del método RIC en las etapas constructivas del puente vehicular, considerando la implementación de MS y MDP, incrementa la duración de las actividades como se observa en la Figura 6. En este trabajo de investigación se determinó el riesgo que produce la implementación de las MDP

generando la gráfica de líneas probabilística de un proceso constructivo de la industria de la construcción. La obtención de resultados implementando esta metodología concluye con las ventajas siguientes:

1. La información de la observación de las MDP, son útiles para identificar riesgo de contagio, la prevención de este y la obligación que tiene el personal de utilizarlas.
2. La simulación realizada presenta resultados significativos al momento de evaluarlos, debido a que muestran holguras utilizadas para actividades de logística del personal eventual, como reemplazos y sustituciones mientras se recuperan de la enfermedad.
3. Basándose en la metodología y los resultados obtenidos, es de gran importancia el uso estricto de las MDP para reducir el riesgo y con ello minimizar el incremento del avance probabilístico.

Las medidas sanitarias pueden producir ausencia de protección porque es difícil utilizar mascarilla cuando en el lugar de los trabajos existe saturación de micro materias solidas que impiden que esta mascarilla permanezca limpia y útil más de cinco minutos, lo mismo pasa con los guantes, además se tiene la incertidumbre del conocimiento de síntomas de contagio debido a la movilidad dentro del núcleo laboral del personal eventual, y por ende, bajo el desconocimiento del personal infectado se debe dar capacitación constante para el uso de MS y MDP, así mismo realizar un control constante de inventario de la herramienta y equipo de utilización individual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarracín, L. F. G. (2020). Planeación de proyectos de infraestructura durante y después de una pandemia. *Universidad Militar Nueva Granada*, 15(2), 1–12. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36846/GonzalezAlbarracinLuisFelipe2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Anaya, A. (2014). Oligopolio y poder de mercado. Discusión de la hipótesis de precios rígidos. *Economía Informa*, 384, 109–127. [https://doi.org/DOI: 10.1016/S0185-0849\(14\)70413-X](https://doi.org/DOI: 10.1016/S0185-0849(14)70413-X)
- Araya, F. (2020). Modelación basada en agentes: ¿una herramienta para la ingeniería y gestión de la construcción? *Revista Ingeniería de Construcción*, 35, 111–118. www.ricuc.cl
- Araya, F. (2021). Modeling the spread of COVID-19 on construction workers: An agent-based approach.



- Safety Science*, 133(September 2020), 105022. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105022>
- Atilio A. Boron. (2005). Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología. In *Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales: Vol. 46(2)*, (Issue Neurofibroma, schwannoma or a hybrid tumor of the peripheral nerve sheath). <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/formacion-virtual/20100719035021/sautu.pdf>
- Batanero, C. (2013). Definición de la probabilidad y probabilidad condicional: Un estudio con futuros profesores. *Revemat: Revista Eletronica de Educacion Matemática*, 8(1), 75–91. <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2013v8n1p75>
- Bonet Borjas, M. (2005). Ley De Pareto Aplicada a La Fiabilidad. *Ingeniería Mecánica*, 8(3), 1–9. <https://www.redalyc.org/pdf/2251/225118188010.pdf>
- Botero, L. F. (2002). Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. *REVISTA Universidad EAFIT*, 128, 9–21. <https://www.redalyc.org/pdf/215/21512802.pdf>
- Campo, S. del. (2019). Análisis estadístico implicativo versus Regresión logística binaria para el estudio de la causalidad en salud. *Multimed. Revista Médica. Granma*, 23(6), 1416–1440. <http://www.revmultimed.sld.cu/index.php/mtm/article/view/1435/1610>
- Catalina, B. L. (2010). Encargado de obra de edificación, Instalaciones. In *Fundación Laboral de la Construcción* (pp. 6–23). <https://ochoymediolibrosdecine.es/productos/libro/encargado-de-obra-civil-mediciones/>
- Celeste, C. (2017). Healthcare workers' knowledge and perceptions of the risks associated with emerging extensively drug-resistant bacteria. *Medicine et Maladies Infectieuses*, 47(7), 459–469. <https://doi.org/10.1016/j.medmal.2017.05.014>
- Cerón-carballo, J. E. (2024). *Criterios de diagnóstico de daño en estructuras de acero Diagnostic criteria for damage in steel structures*. 12, 8–16.
- Ceron, J. (2023). Mitigación de riesgo de bancarrota de empresas constructoras aplicando control inferencial Bankruptcy risk mitigation of construction companies applying inferential control. *PADI*, 11(21), 50–63. [https://doi.org/DOI: https://doi.org/10.29057/icbi.v11i21.10113](https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.29057/icbi.v11i21.10113)
- Cerón, J. (2024). Nivel de evaluación del Mecanismo de falla en una construcción de 20 años de edad.



Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI, 11(22), 129–137.

<https://doi.org/10.29057/icbi.v11i22.11067>

Cerón, J. E. (2024). Estudio del desarrollo local aplicando los criterios de la agenda 2030 Study of local development applying the criteria of the 2030 agenda. *PADI*, 11(22), 144–153.

García, L. M. G. (2017). Prospección del riesgo operativo de las Mipymes en Colombia. *SUMA DE NEGOCIOS*, 8(11), 79–87. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sumneg.2017.11.004>

Gobierno Hidalgo. (2020). Periodico Oficial del Estado de Hidalgo. *Periodico Ofical*, 13, 1–12. https://procuraduria.hidalgo.gob.mx/assets/descargables/2020_abr_03_alc3_13.pdf

González, J. A. (2004). Un sistema de planeación para proyectos de construcción con base en actividades a partir de un presupuesto de precios unitarios. *Ingeniería*, 8(2), 81–90. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46780207.pdf>

Hernández, J. (2022). *Modelos epidemiològicos con control por vacunaciòn en el estudio de la COVID-19* Epidemiological models with vaccination control in the study of COVID-19. 108–116. <https://doi.org/https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial.8427>

José Miguel Contreras García. (2011). Probabilidad condicional: exploración y visualización mediante recursos en internet. *Revista de Educación Matemática*, 28(3), 93–102. <https://www.ugr.es/~jmcontreras/pages/Investigacion/articulos/2011Epsilon2.pdf>

López, J. A. G. (2010). *Guía para Diseño, Construcción e Interpretación de Indicadores* (Segunda). DANE DECISIONES. https://www.dane.gov.co/files/planificacion/fortalecimiento/cuadernillo/Guia_construccion_interpretacion_indicadores.pdf

Martínez, S. (2020). Consecuencias de las medidas adoptadas en México a raíz del coronavirus. Análisis de una posible responsabilidad. *Ius Comitalis*, 3(6), 239. <https://doi.org/10.36677/iuscomitalis.v3i6.15012>

McFarland, T. (2021). Development and implementation of automated apprentice. *Concordia*, 03–10. <https://www.canadamasonrydesigncentre.com/research/development-and-implementation-of-automated-apprentice-assessment-tool-for-manual-handling-tasks-in-masonry/>

Mendoza, J. (2020). COVID-19 y el empleo en México : impacto inicial y pronósticos de corto plazo



- COVID-19 and employment in Mexico : Initial impact and short-term forecast. *El Colegio de La Frontera Norte, México*, 65(4), 1–18.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2020.3028>
- Moreno, I. (2020). Reincorporación al trabajo en el contexto de la pandemia de COVID-19 en sectores de industria y construcción en Navarra (España). *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, 23(4), 443–457. <https://doi.org/10.12961/apr.2020.23.04.04>
- Nissinboim, N. (2018). Process standardization and error reduction: A revisit from a choice approach. *Safety Science*, 103(December 2017), 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.11.015>
- Ortegón, E. (2015). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. www.cepal.org/es/suscripciones
- Palau, H. (2017). La probabilidad condicional y la probabilidad conjunta en la resolución de problemas de probabilidad. *Avances de Investigación En Educación Matemática*, 11, 87–106.
<https://doi.org/10.35763/aiem.v1i11.188>
- Pérez, E. L. (2020). La industria 4.0 y las nuevas formas de trabajar: una perspectiva desde el caso mexicano en tiempos del COVID 19. *Lan Harremanak - Revista de Relaciones Laborales*, 43, 244–263. <https://doi.org/10.1387/lan-harremanak.21737>
- Polanco, R. V. (2013). Algoritmos básicos binario para la multiplicación de puntos en una curva elíptica. *Investig. Innov. Ing.*, 2(3), 49–55.
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwib2eflu66HAXjKEQIHeAnDvkQFnoECBcQAQ&url=https%3A%2F%2Frevistas.unisimon.edu.co%2Findex.php%2Finnovacioning%2Farticle%2Fdownload%2F2057%2F1949%2F1950&usg=AOvVaw3tEoAO>
- Seungjun, A. (2013). Effects of Workers’ Social Learning: Focusing on Absence Behavior. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(8), 1015–1025.
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000680](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000680)
- Tort-Nasarre, G. (2021). Front-line nurses’ responses to organisational changes during the COVID-19 in Spain: A qualitative rapid appraisal. *Journal of Nursing Management*, 29(7), 1983–1991.
<https://doi.org/10.1111/jonm.13362>



Umegido-valdez, M. (2022). Modelo compartimental de Covid-19: cobertura de aplicacion de pruebas de deteccion y rapidez de respuesta. *Padi*, 10(8504), 74–85.
<https://doi.org/https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial.8504>

Unidas, N. (2020). Informe Especial COVID-19 No 4: las empresas frente a la COVID-19: emergencia y reactivación. *Comisión Económica Para América Latina y El Caribe (CEPAL)*., 1–24.
<https://www.un-ilibrary.org/content/series/27093042>

