



Journal

Boliviano de Ciencias

- VOL. 18 -
NÚMERO 52
ISSN Digital: 2075-8944
ISSN Impreso: 2075-8936



Journal

Boliviano de Ciencias

Editor en Jefe a.i.

Ing. Ariel Quezada Castro

Editor de sección: Civil

M.Sc. María Elena Sahonero Saravia

Editor de sección: Electromecánica

Ing. Edson Gastón Montaña Bautista

Editor de sección: Petróleo y energías

Ing. Carla Rocio Andrade Delgadillo

Editor de sección: Alimentos

Ph.D. Tania Araujo Burgos

Comité de revisores

Artículo de Informática

Ing. MSc. Oscar Contreras Carrasco

Universidad Privada del Valle, UNIVALLE,
Bolivia.

Ing. MSc. Gastón Silva Sanchez

Universidad Privada del Valle, UNIVALLE,
Bolivia.

Artículos de Ing. Civil

Congreso Latinoamericano de Estudiantes de
Ingeniería Civil - COLEIC Tarija 2021

Comité científico revisor

Ing. MSc. Sergio Callau Medrano

Universidad Mayor de San Andrés

Ing. MSc. Jhonny Rodrigo Rojas Morales

Hasselt University, Bélgica

Ing. MSc. Fernando Palacios Galarza

Pontificia Universidad Católica de Chile

Ing. MSc. Erick Ronald Arrázola Iriarte

Universidad Amazónica de Pando

Comité científico organizador

Ing. MSc. Joaquín Humberto Aquino Rocha

Universidad Federal de Rio de Janeiro

Nahúm Gamalier Cayo Chileno

Universidad Privada del Valle, UNIVALLE,
Bolivia.

Alex Isaac Arrázola Brañez

Universidad Privada del Valle, UNIVALLE,
Bolivia.

Laura Céreny Velásquez Linneo

Universidad Privada del Valle, UNIVALLE,
Bolivia.

Giovana Silvia Cachaca Tapia

Universidad Privada del Valle, UNIVALLE,
Bolivia.

Equipo técnico

Lic. Paola Andrea Antezana Pérez

Coordinadora de Publicaciones y Difusión
Científica

Lic. Luis Marco Fernández Sandoval

Coordinador de Producción Audiovisual

Autoridades Universitarias

M.Sc. Gonzalo Ruiz Ostría

Rector

Diego Villegas Zamora, Ph.D.

Vicerrector Académico

M.Sc. Sandra Ruiz Ostría

Vicerrectora de Interacción Social

Lic. Daniela Zambrana Grandy

Secretaria General

M.Sc. Franklin Néstor Rada

Vicerrector Académico Subsede La Paz

M.Sc. Antonio Carvalho Suárez

Vicerrector Académico Subsede Santa Cruz

MBA. Carlos Torricos Mérida

Vicerrector Académico Subsede Sucre

M.Sc. René Monje Morant

Vicerrector Académico Subsede Trinidad

M.Sc. Jorge Ruiz de la Quintana

Director Nacional de Investigación

Depósito Legal N° 2-3-66-09
La reproducción parcial o total de los
artículos está permitida en tanto las
fuentes sean citadas.

Es parte de:



latindex



Crossref

Universidad Privada del Valle
Telf: (591) 4-4318800 / Fax: (591) 4-4318886.
Campus Universitario Tiquipaya.
Calle Guillermina Martínez, s/n, Tiquipaya.
Casilla Postal 4742.
Cochabamba – Bolivia.

ÍNDICE

Páginas

Editorial

Editorial

Sergio Rodríguez Belmonte.....4

Avances en el diseño e implementación de un esquema de colaboración abierta distribuida y en la cuantificación de la vulnerabilidad. Caso de estudio: Inundaciones urbanas en Villa Páez, Córdoba, Argentina

Advances in the design and implementation of crowdsourcing program and in the vulnerability assessment. Study case: urban flooding in Villa Páez, Córdoba, Argentina

Andrés Julián Portigliatti, Sebastián López, Leandro Massó,

Carlos Marcelo García, José Manuel Díaz Lozada, Antoine Patalano,

Facundo Cruz5-21

Motivación y factores de satisfacción en los trabajadores de la construcción:

Estudio de caso

Motivation and satisfaction factors in construction workers: Study case

Alan Rafael Velázquez García.....22-33

Identificación de personas sin barbijo utilizando Deep Learning

Identification of people without a mask using Deep Learning

Giovanny Germán Rocha Vallejo34-44

EDITORIAL

En esta oportunidad presentamos el Nro. 52 del Journal Boliviano de Ciencias, con tres artículos correspondientes al área de Ingeniería.

El primer artículo realizado por la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, presenta un esquema de colaboración abierta distribuida, cuyo principal objetivo es realizar un diagnóstico de la problemática de inundaciones que afectan periódicamente al barrio de Villa Páez de la Ciudad de Córdoba. El segundo artículo, realizado por el Departamento de Ingeniería de Sistemas Informáticos, tiene el objetivo de identificar las áreas de oportunidad, abordando la motivación y satisfacción de las necesidades del trabajador de la construcción a fin de destacar la importancia del tema en el sector. En el tercer artículo, Rocha Vallejo presenta una propuesta sobre el uso de las redes neuronales convolucionales para la detección de personas sin barbijo.

Tenemos la seguridad que los artículos de este número se constituirán como una referencia importante para la comunidad universitaria y sociedad en general que tengan interés en los temas presentados.

Agradecemos a los autores y revisores su contribución, dedicación y esfuerzo por presentar artículos de calidad, siguiendo los tiempos establecidos.

Por el Consejo Editorial.



Ing. M. I. Sergio Rodriguez Belmonte
Director Departamento de Ingeniería Civil
Universidad Privada del Valle Cochabamba

Artículo científico

Avances en el diseño e implementación de un esquema de colaboración abierta distribuida y en la cuantificación de la vulnerabilidad. Caso de estudio: Inundaciones urbanas en Villa Páez, Córdoba, Argentina

Advances in the design and implementation of crowdsourcing program and in the vulnerability assessment. Study case: urban flooding in Villa Páez, Córdoba, Argentina

 Andrés Julián Portigliatti¹.  Sebastián López².  Leandro Massó³.
 Carlos M. García⁴.  José Manuel Díaz Lozada⁵.  Antoine Patalano⁶.
 Facundo Cruz⁷.

Citar como: Portigliatti, A. J., López, S., Massó, L., García, C. M., Díaz Lozada, J. M., Patalano, A., & Cruz, F. (2022). Avances en el diseño e implementación de un esquema de colaboración abierta distribuida y en la cuantificación de la vulnerabilidad. Caso de estudio: Inundaciones urbanas en Villa Páez, Córdoba, Argentina. *Journal Boliviano de Ciencias*, 18(52), 5-21. <https://doi.org/10.52428/20758944.v18i52.227>

Editor invitado: Joaquín Humberto Aquino Rocha

Presidente comité científico
COLEIC: Nahúm Gamalier Cayo Chileno

Revisado: 25/10/2021
Aceptado: 20/12/2021
Publicado: 29/06/2022

Declaración: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses en la publicación de este documento.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la Creative Commons. Licencia de atribución (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

- ¹ Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. ajportigliatti@gmail.com
² Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. sebalocba@gmail.com
³ Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. leandro.massocba@unc.edu.ar
⁴ Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. carlos.marcelo.garcia@unc.edu.ar
⁵ Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. jmdiazlozada@unc.edu.ar
⁶ Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. Antoine.patalano@unc.edu.ar
⁷ Universidad Nacional de General Sarmiento. Córdoba, Argentina. facundocruzguastavino@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta un esquema de colaboración abierta distribuida, cuyo principal objetivo es realizar un diagnóstico de la problemática de inundaciones que afectan periódicamente al barrio de Villa Páez de la Ciudad de Córdoba, Argentina; a través del trabajo conjunto entre investigadores de distintas disciplinas de la Universidad Nacional de Córdoba, el Centro Vecinal de Villa Páez y la ciudadanía que habita el barrio. En este esquema confluyen tres proyectos de ciencia ciudadana. Por un lado, “Cazadores de crecidas”, cuyo objetivo es caracterizar escurrimientos superficiales a partir de videos y fotografías tomadas por vecinos previamente capacitados. Por otro lado, el proyecto “Adopto un cuerpo de agua como mi mascota”, la cual trabaja en identificar con la comunidad la cuenca de aporte de los escurrimientos, para la construcción conjunta del conocimiento con la comunidad. Y, por último, “Proyecto MATTEO” que consiste en la instalación de estaciones meteorológicas de bajo costo y pluviómetros en escuelas, organismos, y residencias particulares para registrar datos propios de eventos de precipitación. De esta forma, la ciudadanía es partícipe directa y fundamental en la elaboración del diagnóstico de la problemática, generando aportes desde su experiencia y colaboración en la recolección de datos sumamente valiosos para el estudio; los cuales, desde el sector académico y de investigación les sería dificultoso conseguir. Finalmente, en este trabajo se presenta una cuantificación de vulnerabilidad del área de estudio ante inundaciones urbanas, enfatizando en el análisis particular de la dimensión física y social.

Palabras clave: Inundación urbana. Ciencia Ciudadana. Proyectos Educativos. Métodos experimentales. Vulnerabilidad.

ABSTRACT

This project presents a distributed open collaboration scheme whose main objective is to carry out a diagnosis of the flooding problem that periodically affects the Villa Paez neighborhood in the city of Cordoba, Argentina, through joint work between researchers of the National University of Cordoba, the Villa Paez Neighborhood Center and the citizens living in the neighborhood. Three citizen science projects converge in this scheme. On the one hand, “Cazadores de Crecidas” whose objective is the characterization of surface runoff from videos and photographs taken by neighbors previously trained for this purpose. On the other hand, “Adopto un Cuerpo de Agua como Mi Mascota” is a project where we work identifying with the community the basin from where the runoff flows and building a shared knowledge base. And finally, “Proyecto MATTEO”, which consists of installing low-cost weather stations and rain gauges in schools and organizations to record data on precipitation events. In this way, citizens are direct and fundamental participants in this study, generating contributions from their experience and form the records of extremely valuable data, which would be difficult for the academic and research participants to obtain on their own. Finally, this paper presents a quantification of the vulnerability of the study area to urban flooding, emphasizing the analysis of the physical and social dimensions.

Keywords: Flooding. Citizen Science. Educational projects. Experimental methods. Vulnerability assesment.

1. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones urbanas se han convertido en una amenaza creciente a nivel mundial, pues más de la mitad de la población mundial vive en áreas urbanas (Markowski y Richardson, 2010). En Argentina, las grandes ciudades han experimentado un rápido crecimiento en las últimas décadas, generalmente asociada a la ocupación de zonas inundables, con cambios de uso de suelo y problemas de infraestructura, como la insuficiencia de los sistemas de drenaje, que aumenta el nivel de vulnerabilidad de la población a las inundaciones (Ortiz et al., 2017, Tingsanchali, 2012, Hardoy y Piandiella, 2009,). Rasmussen et al. (2014) muestran que las inundaciones repentinas afectan cada año al centro y norte de Argentina, tendencia que también se observa en varios países a nivel mundial (Tingsanchali, 2012). Entre 1980-2010, las inundaciones fueron el desastre natural más destructivo en Argentina, afectando a 13 millones de personas y costando al menos 8.9 mil millones de dólares (Banco Mundial, 2020).

El impacto de los fenómenos naturales agrava la vulnerabilidad de la sociedad civil, no solo por deficiencias en el diseño de medidas estructurales, y no estructurales, requeridas para mitigar el riesgo hídrico, sino también por falta de consciencia sobre las amenazas a las que están expuestos. Ante este escenario de incertidumbre y de desconexión entre conocimiento (ciencia), toma de decisiones (gestión) y ciudadanía, se requieren nuevas formas de diálogo que reconstruyan esta relación (Alonso et al., 2013; Frodeman y Mitcham, 2004). La ciencia ciudadana toma relevancia como un campo que fomenta la oportunidad para apropiar el conocimiento científico desde la sociedad, que se genera a partir de la ciencia y

utilizarlo para participar activamente en la toma de decisiones sobre el territorio, en la educación de la población frente a amenazas y colaborando conjuntamente en el estudio, diseño e implementación de medidas estructurales y no estructurales entre científicos, ciudadanos y tomadores de decisiones.

El barrio Villa Páez de la Ciudad de Córdoba, Argentina es uno de los tantos barrios de la ciudad que se ven afectados anualmente por las problemáticas de inundaciones urbanas. La solución de esta problemática requiere un diagnóstico detallado para plantear soluciones adecuadas. Dado que los vecinos del barrio tienen conocimiento y experiencia por haber vivido más de 30 años en el lugar. Para realizar dicho diagnóstico se aprovechó la implementación de tres proyectos de ciencia ciudadana para el registro de variables hidrológicas e hidrometeorológicas, a fin de llevar a cabo el estudio de la problemática de inundaciones. Dichos datos fueron fundamentales para la confección del Mapa de Riesgo, que surge de combinar el estudio de amenazas de distintos eventos y la vulnerabilidad que la zona de estudio posee. El Mapa de Riesgo resulta una herramienta fundamental para identificar aquellas áreas que resultan más vulnerables y críticas frente a la ocurrencia de un evento; permitiendo de esta manera, desarrollar un plan de acción con el diseño de medidas estructurales y no estructurales requeridas para mitigar el riesgo hídrico ante inundaciones urbanas.

2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

El área de estudio fue el área urbana que drena hacia el barrio Villa Páez (31°23'41.09"S 64°12'29.43"O). Según los datos censales de INDEC del año 2010, este barrio presenta una alta densidad habitacional, con necesidades básicas insatisfechas, perteneciendo a un estrato socioeconómico medio bajo (Figura 1). La topografía del área de interés muestra que el drenaje se da hacia el río Suquía, el cual recorre de oeste a este la ciudad de Córdoba, uno de los principales centros urbanos de Argentina. Para empezar a analizar la problemática, lo primero que se realizó fue el trazado preliminar de la cuenca urbana de aporte. Para ello, se utilizó un Modelo Digital de Terreno (MDT) de 5m x 5m provisto por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), el cual es de libre acceso en su Página Web.

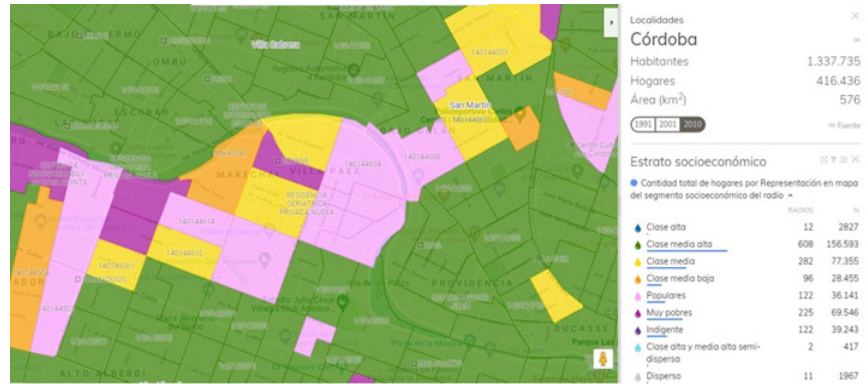


Figura 1. Estratos socioeconómicos del área de estudio. Fuente: Pablo De Grande, 2019.

2.2. Diseño e implementación de un esquema de colaboración abierta distribuida

Una vez obtenido preliminarmente la cuenca de estudio, se comenzó a recopilar información para caracterizar los procesos hidrometeorológicos e hidrológicos dentro de la misma. Para ello, se utilizaron distintas fuentes de información oficiales disponibles, como los datos del servicio Meteorológico Nacional SMN, el Observatorio Hidrometeorológico de Córdoba OHMC y las estaciones hidrometeorológicas de la Subgerencia de la Región semiárida del Instituto Nacional del Agua INA-CIRSA. Y dado que la información oficial provista era insuficiente, se implementaron en la zona de estudio tres proyectos de ciencia ciudadana con el objetivo de involucrar a la población en el diagnóstico del problema y ampliar espacial y temporalmente la cantidad de información.

En primer lugar, dentro el marco del proyecto “Adopto un cuerpo de agua como mascota” (FCEfYn, 2019), se trabajó en conjunto con las personas que residen en el barrio transmitiéndoles conocimientos técnicos sobre los sistemas de cuenca, para luego poder trabajar sobre la cuenca de estudio. Se trabajó sobre mapas del terreno y se elaboró una maqueta de la topografía de la cuenca, para que los ciudadanos comprendan cómo funciona el sistema hidrológico. También se realizaron visitas al barrio para escuchar las experiencias de las personas protagonistas de los eventos (niveles de flujos en calles, frecuencias de inundaciones, sentidos de escurrimientos, tiempos de respuesta) (Figura 2). En el marco de este proyecto se recopiló la información necesaria para definir finalmente la cuenca hidrológica de estudio. Una vez definida la cuenca de estudio, a través de la información GIS obtenida de IDECOR (<https://idecor.cba.gov.ar/>), se definieron los usos del suelo.

Luego, en el marco del “Proyecto MATTEO” (FCEfyN, 2019) se instaló una estación meteorológica automática de bajo costo en la vivienda de una vecina del barrio (Figura 3a) ubicada en la parte baja de la cuenca. Del mismo modo se instalaron cinco pluviómetros distribuidos espacialmente sobre la cuenca, en viviendas de vecinos (Figura 3b) con el objetivo de caracterizar la variabilidad espacial de los eventos con datos propios. Dichos datos eran recopilados posteriormente en cada evento de carga de los milímetros registrados (georreferenciados) en una aplicación de celular desarrollada por el mismo proyecto, buscando así, facilitar el proceso de carga y visualización de la información hidrometeorológica.

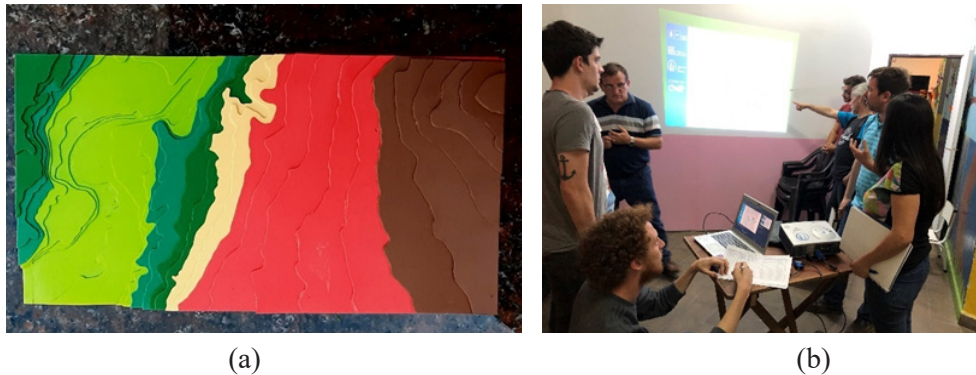


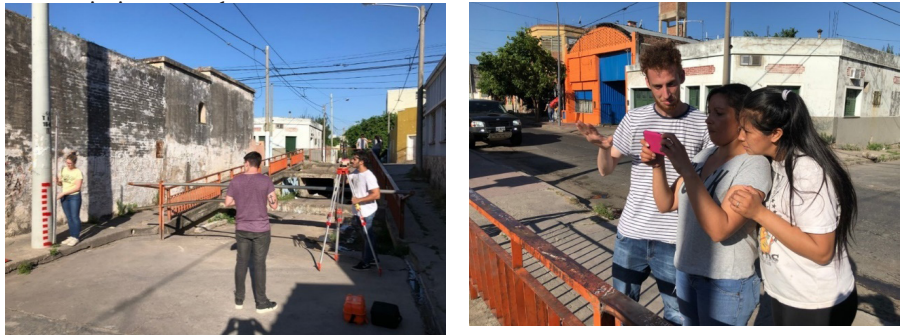
Figura 2. a) Maqueta de la cuenca, y b) reunión en el centro vecinal, trabajando sobre concepto de cuenca y escuchando experiencias de los vecinos. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. a) Instalación de estación meteorológica en vivienda de vecina, en el marco del “Proyecto MATTEO”, y b) ubicación de los pluviómetros en viviendas particulares de vecinos en la cuenca. Fuente: Elaboración propia.

Para la caracterización de los procesos hidrológicos, en primer lugar, se recopilaron antecedentes y relatos de los vecinos que se vieron afectados (personas y bienes

materiales) durante inundaciones urbanas. Para la caracterización se utilizaron técnicas modernas de velocimetría por imágenes a gran escala (LSPIV, por sus siglas en inglés). En el marco del proyecto “Cazadores de crecidas” (C.E.T.A., 2019) se elaboró un esquema de red de monitoreo distribuido espacialmente en la cuenca, mediante la definición de sitios favoritos de medición, relevamiento de puntos de control y secciones transversales de los sitios (Figura 4a), capacitación de los vecinos encargados de filmar los escurrimientos (Figura 4b) y se elaboraron instructivos detallados para el registro de fotografías y videos de cada sitio, con el fin de poder obtener información útil para la caracterización espacial de



(a)

(b)

Figura 4. a) Relevamiento de puntos de control, y secciones transversales de sitios favoritos y b) capacitación de los vecinos sobre la captación óptima de videos para luego poder ser procesados mediante la técnica LSPIV. Fuente: Elaboración propia.

Previo a cada evento de precipitación se recurría a pronósticos tanto del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2019) como del Observatorio Hidrometeorológico de Córdoba (OHMC, 2019), para dar aviso a las personas encargadas de tomar registros de escurrimientos, mediante un grupo de telecomunicación, sobre la posibilidad de un evento; y se enviaba por el mismo grupo un instructivo recordando buenas prácticas para la grabación de videos y fotos (Figura 5a). Posterior a cada evento se recopilaban los distintos registros pluviométricos, fotografía de nivel y videos grabados por los vecinos. Se georreferenciaba toda la información recopilada y se procesaba la información, obteniendo valores de niveles de agua y valores de caudal líquido escurrido por las calles mediante la técnica de velocimetría por imágenes LSPIV (Patalano et al., 2017).



(a)

(b)

Figura 5. a) Relevamiento de puntos de control y secciones transversales de sitios favoritos, y b) capacitación de los vecinos sobre la captación óptima de videos para luego poder ser procesados mediante la técnica LSPIV. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se realizaba un informe técnico y un reporte del evento (Figura 5b), informando características y resultados de este, el cual se compartía con los habitantes del barrio. El principal objetivo del reporte compartido era retribuir a los vecinos con los resultados obtenidos para informarles y de esta manera, mantener la motivación para futuros eventos.

Con los datos generados por la actividad de ciencia ciudadana, sumado a la búsqueda de eventos históricos (año 2009 hasta la actualidad) a través de las distintas redes sociales (Facebook, Twitter y Youtube), se generó una base de datos georreferenciada con los registros de precipitación, fotografías de niveles y videos. Esta información fue procesada ubicando los hietogramas de eventos según el lugar del registro, se relevaron los sitios de las fotografías para determinar los niveles alcanzados por el agua en cada imagen, y relevaron secciones donde se tenía videos para poder estimar el caudal de escurrimiento por dicha calle. Esta base de datos permitió realizar un análisis de las amenazas.

Por otro lado, para el estudio de vulnerabilidad se utilizaron ciertos indicadores que permitieron evaluar el nivel de vulnerabilidad social previo a un evento (IVS i) y posterior a un evento (IVS ii) (Arteaga y San Juan, 2012), utilizando los datos disponibles del CENSO Nacional 2010 (INDEC, 2010). Finalmente, mediante la

superposición de los estudios de amenazas y vulnerabilidad, se confeccionó el Mapa de Riesgo.

Es importante destacar que, gracias al aporte de la ciencia ciudadana, sumado a todos los registros encontrados en las diferentes fuentes de redes sociales se permitió tener un amplio aporte de información que ayudaron a entender mejor el comportamiento de la cuenca hidrológica de estudio. Este nivel de detalle en la caracterización del comportamiento hidrológico de la cuenca hubiese sido prácticamente imposible de alcanzar sin la información generada por la ciudadanía.

2.3. Cuantificación de la vulnerabilidad ante inundaciones urbanas

Para el estudio de vulnerabilidad se enfatizó el análisis particular de la dimensión física y social. Éste representa a los sectores económicamente más deprimidos y se remite a la dificultad de acceso a servicios básicos, de salud, educación, entre otros. Tal como se mencionó con anterioridad, se utilizaron determinados indicadores que permitieron evaluar dos niveles de vulnerabilidad social: uno previo a un evento, IVS i (Ecuación 1), y otro posterior a un evento, IVS ii (Ecuación 2) (Arteaga y San Juan, 2012). De la combinación de estos, con la aplicación de la Ecuación 3, surge el Mapa de Vulnerabilidad Social Total.

$$IVS(i) = \left(\frac{(i) + (ii)}{2} \right) x \text{ inundación} \quad 0 \leq IVS(i) \leq 1 \quad (1)$$

$$IVS(ii) = \left(\frac{(D) + (E) + (S)}{3} \right) x \text{ inundación} \quad 0 \leq IVS(ii) \leq 1 \quad (2)$$

$$IVS = \left(\frac{(i) + (ii)}{2} \right) x \text{ inundación} \quad 0 \leq IVS \leq 1 \quad (3)$$

Para formular el IVS (i) se utilizaron indicadores que reflejan la situación social previa al evento de inundación. En el que se trabajó con las variables: (i) Índice de Privación Material (IPMH) y (ii) la Calidad de los Materiales de las Viviendas (CALMAT), ambos recortados a la zona de riesgo de inundación. En la Ecuación 1 se les asigna el mismo peso, mientras que el riesgo de inundación determina como término la existencia de inundación (si/no), con un valor de 0 a 1.

El IVS (ii) refleja la capacidad de la población de acceso a las redes y servicios, siendo estos los activos que permiten la recuperación después del desastre. Demuestra el grado de resiliencia de los individuos y grupo sociales. Se utilizaron las siguientes tres variables en la Ecuación 2: (i) desempleo (D), (ii) Nivel de Educación del Jefe de Hogar (E) y (iii) Cobertura de Salud (S).

Es importante mencionar que todos los avances mencionados cuentan con la constante colaboración de los vecinos afectados, tanto como aportes de los trabajos

que se realizan como también supervisando resultados y compartiendo opiniones para mejorar el avance, siendo este aspecto de gran aprendizaje para los participantes e investigadores de este proyecto.

3. RESULTADOS

3.1. Resultados del diseño e implementación de un esquema de colaboración abierta distribuida

A través de la metodología adoptada, se logró trabajar en conjunto con la ciudadanía sobre la problemática de inundaciones en el barrio. El procesamiento del Modelo Digital del Terreno en conjunto con la información provista por los vecinos y el relevamiento en campo sobre el escurrimiento del agua, logró definir la cuenca urbana cuyo punto de salida se encuentra en el barrio Villa Páez (-31.3998491, -64.2054996). La cuenca se muestra en la Figura 6 y abarca un área de 10 km². Es importante destacar, que al igual que muchas cuencas urbanas, esta cuenca puede tener un comportamiento dinámico, es decir el área de aporte puede modificarse en ciertos eventos por ejemplo debido a la falla o superación de los caudales de diseño de ciertas obras, que producen que el escurrimiento de un sector se incorpore a la cuenca.

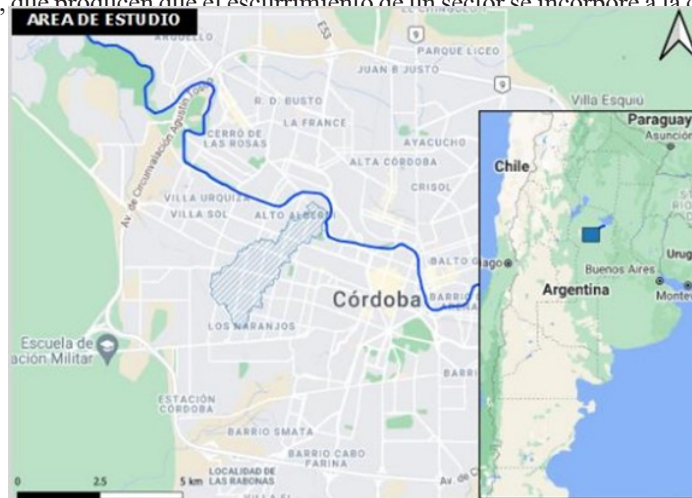


Figura 6. Cuenca hidrológica de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Luego, utilizando la información obtenida con los ciudadanos, se generó una base de datos en el que cada punto representa un registro tomado por la ciencia ciudadana (Figura 7). Como puede observarse, los datos fueron discretizados en distintas categorías como: vídeos, imágenes o ambos; red social o aporte directo; según tipo de variable.



Figura 7. Base de datos georreferenciada de registro de información hidrometeorológica e hidrológica por la ciudadanía. Fuente: Elaboración propia.

En base a la información de la base de datos se sectorizaron las amenazas dentro del barrio (Figura 8). Con la información obtenida se observó una gran influencia en el comportamiento del sistema de desagües de pluviales frente a distintos niveles del río Suquia, provocando una condición de borde aguas debajo de los desagües que genera una reducción en la capacidad de descarga de los pluviales hacia el río (Figura 8).

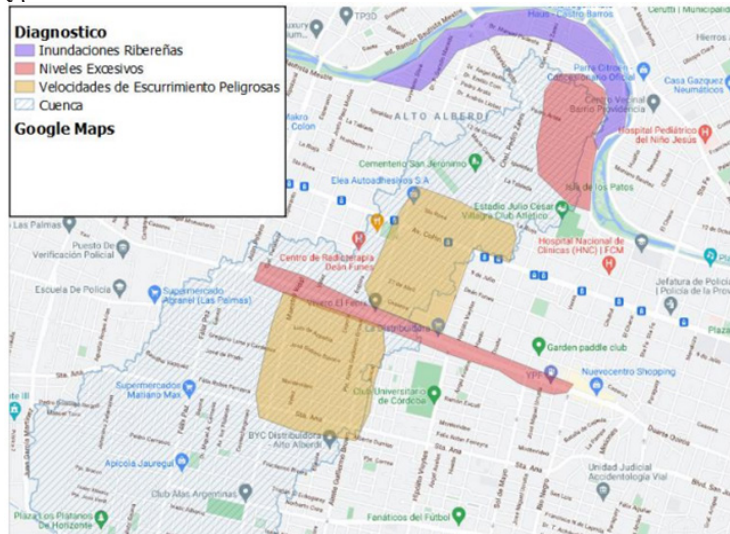


Figura 8. Diagnóstico de la problemática de inundaciones en la cuenca, realizada en conjunto con la ciudadanía, zonificando según el tipo de amenaza. Fuente: Elaboración propia.

También se implementó el esquema de monitoreo propuesto para una serie de eventos en la temporada de lluvias 2019-2020 y 2020-2021. En el cual los vecinos lograron registrar las lluvias en la cuenca (Figura 9 a), imágenes de niveles de agua alcanzados y registro de videos. Se generaron nueve reportes de eventos para los vecinos y se procesaron cinco datos de caudales utilizando la Técnica de Velocimetría por Imágenes LSPIV (Figura 9 b). En la Tabla 1 se pueden observar algunos de los eventos más importantes de precipitación y los valores obtenidos de las variables hidrológicas de interés: caudal y nivel.

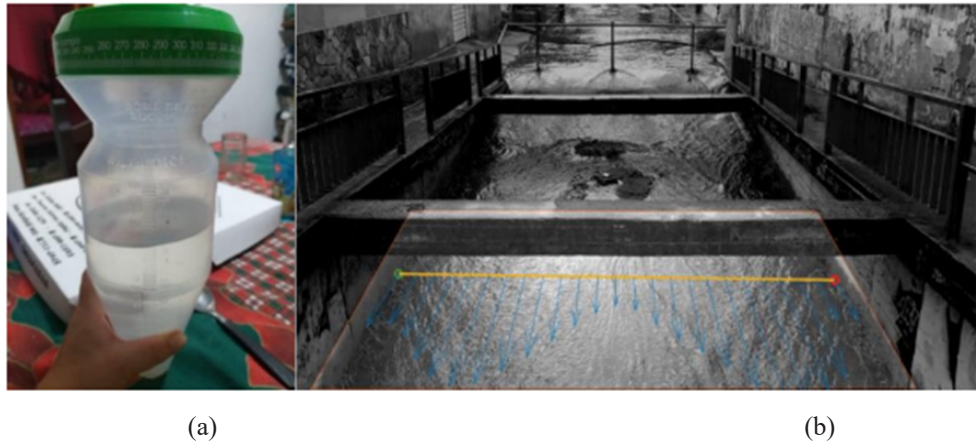


Figura 9. a) Precipitación acumulada para el evento del 30-12-19 registrado en la casa de una vecina del barrio, y b) procesamiento de video registrado por vecina del barrio en la alcantarilla del Pasaje San Pablo estimando un caudal de 200 litros/segundo (derecha). Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Resumen de variables de cada evento (precipitación acumulada, intensidad máxima, variable obtenida y valor estimado).

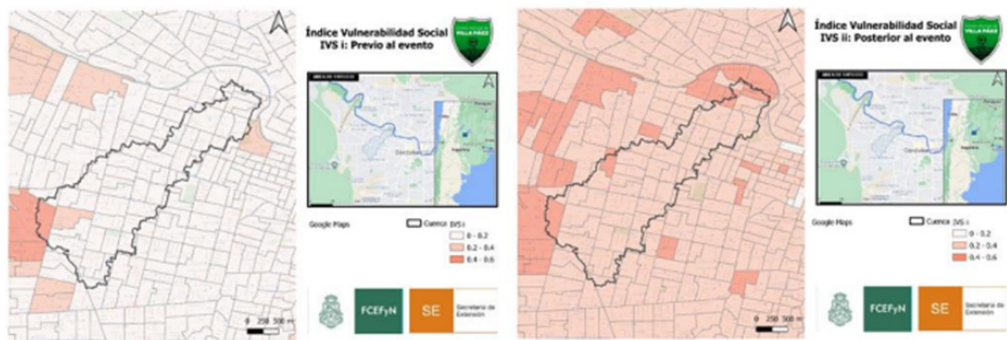
Fecha	Hora inicio/final	Precipitación acumulada	Intensidad máxima en 10 min	Variable obtenida	Valor estimado	
					m^3/s	litros/min
12/11/2019	15:30/15:50	18 mm	30 mm/h	Caudal	0.09 m^3/s	4800 litros/min
30/12/2019	20:45/00:45	60 mm	72 mm/h	Caudal	0.21 m^3/s	12600 litros/min
10/01/2020	07:50/08:30	13 mm	54 mm/h	Caudal	0.29 m^3/s	17400 litros/min
30/01/2021	04:10/06:10	68 mm	23 mm/h	Nivel	Entre 0.40 y 1.50 m	

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Resultados de la cuantificación de la vulnerabilidad ante inundaciones urbanas

Se realizó el correspondiente estudio de vulnerabilidad del área de estudio, en el que se abarca diferentes dimensiones que se vinculan a las características de una comunidad expuesta a determinada amenaza. Los indicadores utilizados en este trabajo vinculan las condiciones de vida generales de una comunidad e incluye aspectos relacionados a los niveles de educación, acceso a salud, equidad social, seguridad, etc.

Dicho análisis permite definir zonas peligrosas para los asentamientos humanos y que poseen deficiencias de la estructura física para “absorber” los efectos de las amenazas, también conocido como exposición. Estas zonas vulnerables demandan mayor atención tanto desde el punto de vista de manejo ambiental, de ejecución de proyectos de reducción de vulnerabilidades, así como la definición de sitios para la localización de instalaciones críticas durante la emergencia. En las siguientes figuras (Figuras 10 y 11) se pueden observar los resultados obtenidos del estudio de vulnerabilidad.



(a)

(b)

Figura 10. a) Índice de Vulnerabilidad Social previo al evento, e b) Índice de Vulnerabilidad Social posterior al evento. Fuente: Elaboración propia.

Lo que se puede resaltar de lo observado en las imágenes anteriores es la falta de homogeneidad del nivel de vulnerabilidad dentro de la cuenca, siendo algunas zonas más vulnerables que otras. Dentro de las zonas más vulnerables se encuentra el barrio de Villa Páez, con una valoración de vulnerabilidad que va en el rango entre 0.4 a 0.6 (Vulnerabilidad media baja).

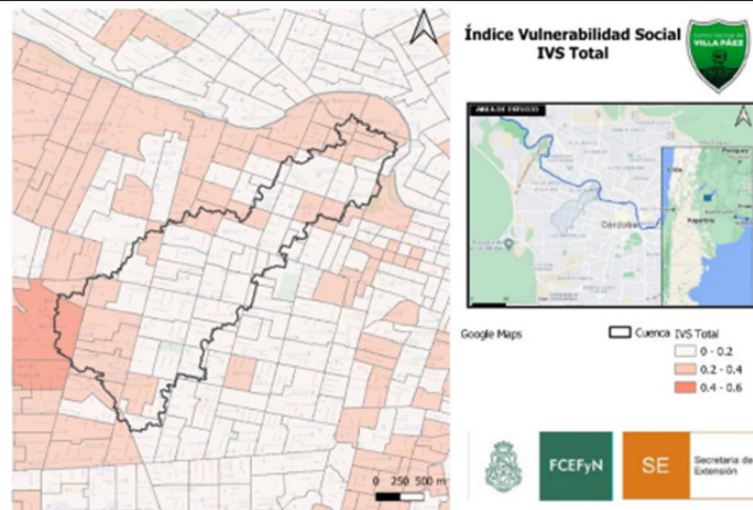


Figura 11. Índice de Vulnerabilidad Social Total. Fuente: Elaboración propia.

Una apreciación del estudio de vulnerabilidad es que el producto conseguido no es muy representativo a la realidad que actualmente viven los vecinos de Villa Páez. Esta apreciación se debe a que, en función de las visitas y los relatos por parte de ellos, la vulnerabilidad social es mucho mayor a la conseguida teóricamente con la aplicación de los indicadores seleccionados. Sin embargo, si se realizara el mismo análisis utilizando los datos del Censo Nacional actualizado, se logrará un mejor valor de vulnerabilidad acorde a la realidad.

Finalmente, mediante la combinación y superposición del estudio de amenazas con los niveles de vulnerabilidad surge el Mapa de Riesgo (Figura 12), siendo esta una primera aproximación que sienta las bases para que trabajos futuros puedan implementar y calibrar el modelo que se explica en López et al. (2021), y luego de esta manera que se realice el Mapa de Amenazas y, por consiguiente, el Mapa de Riesgo definitivo.

Lo que se puede contemplar del mapa anterior es que, en la zona baja de la cuenca, donde se encuentra Villa Páez, las principales amenazas vienen de crecidas del Río Suquía, lo cual representa una condición de borde aguas abajo en los desagües y conlleva a una reducción en la descarga de los pluviales hacia el río generando niveles excesivos. Esta zona es importante destacar ya que, a nivel de vulnerabilidad, representa una de las zonas que mayor nivel de vulnerabilidad posee dentro de la cuenca.

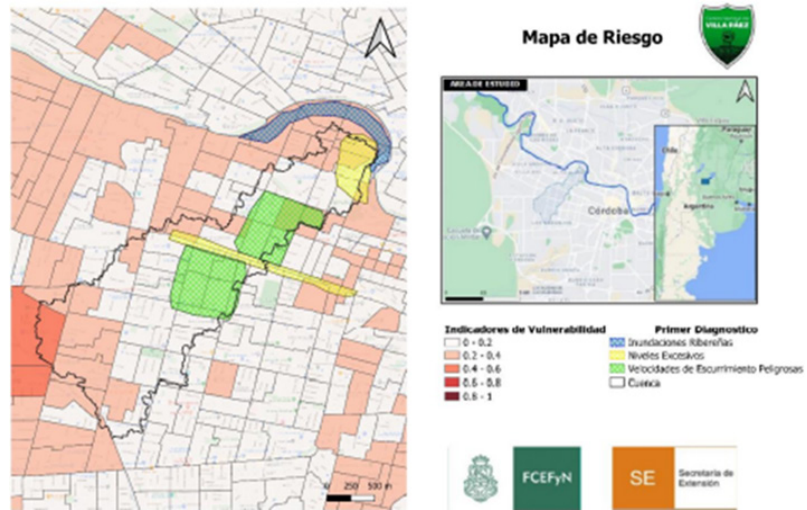


Figura 12. Mapa de Riesgo. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en la zona media de la cuenca se identificaron dos zonas donde los escurrimientos alcanzan altas velocidades. Los riesgos que estos conllevan implican el arrastre no solo de personas sino también de vehículos hacia la parte baja de la cuenca. Estos peligros fueron relatados en reiteradas ocasiones por los vecinos. Por último, a pesar de que el Mapa de Riesgo es meramente una primera aproximación, se extraen conclusiones importantes de cara a realizar trabajos futuros. Estos tipos de mapas representan una herramienta fundamental, no sólo para identificar las áreas más vulnerables dentro de una cuenca de estudio, sino también para poder diseñar medidas de prevención y corrección con los datos de caudal y niveles conseguidos gracias al gran aporte de la ciencia ciudadana.

4. CONCLUSIONES

En este estudio se presentaron los avances alcanzados en el diseño e implementación de un esquema de colaboración con los ciudadanos que incluye a tres proyectos de ciencia ciudadana, el cual le permite a la comunidad ser parte de las propuestas de solución de las problemáticas de inundaciones, acercando a los distintos actores de la ciencia, gestión y ciudadanía.

Del diagnóstico efectuado se concluye, que la problemática del barrio Villa Páez está dada principalmente por dos motivos: por un lado, amenazas debidas a lluvias intensas en la cuenca de estudio (la cual abarca una parte importante de la ciudad) y cuyo punto de salida se encuentra en dicho barrio, con una gran influencia de la topografía deprimida (al nivel del río). La falta de planificación a nivel de cuenca ha hecho que las obras existentes sean insuficientes, lo que dificulta la evacuación de escorrentía alcanzando niveles peligrosos para las personas que

habitan en el barrio. Por otro lado, también se logró determinar, mediante los artículos científicos recopilados y los relatos de vecinos, que existe un riesgo frente a niveles excesivos del Río Suquia, esto se registra en experiencias de inundaciones de viviendas con al menos un (1) metro de nivel de agua, para los eventos de crecidas extremas de los años 2000 y 2015.

La gran cantidad de información registrada, sumado a los registros encontrados en las distintas redes sociales, permitieron generar una amplia base de datos que permitieron entender mejor el funcionamiento de la cuenca hidrológica, y de esta manera poder evaluar distintas medidas estructurales y no estructurales requeridas para mitigar el riesgo hídrico ante inundaciones urbanas. Es importante destacar que, sin la participación de la ciencia ciudadana en este proyecto, mucho de los registros no hubiesen sido posible obtenerlos.

El crecimiento que viene teniendo la ciencia ciudadana en contexto de riesgo hidrológico, puede explicarse por la inaccesibilidad y la escasez de conjuntos de datos oficiales relacionados a la problemática de inundaciones urbanas (generalmente muy localizadas), así como también por el desarrollo de nuevas tecnologías como los teléfonos inteligentes conectados a Internet.

Referido a la red de monitoreo, actualmente se continúa trabajando de manera organizada ante cada evento para comunicar sobre alerta de posibles riesgos, pedidos de ayuda, consultas sobre pronósticos y trabajo en escuelas para abordar temáticas similares junto a estudiantes.

Finalmente, en este trabajo se presentó una cuantificación de la vulnerabilidad del área de estudio ante inundaciones urbanas en la cual se enfatizó el análisis particular de la dimensión física y social. Con esta información se logró avanzar en la confección del Mapa de Riesgo, herramienta fundamental que ayuda a la toma de decisiones sobre el tipo de medidas implementar en función de la identificación de las zonas más vulnerables y comprometidas ante la ocurrencia de un evento. Las herramientas generadas podrán ser utilizadas para la planificación de futuras urbanizaciones. Es necesario considerar que los resultados obtenidos de vulnerabilidad están condicionados por la antigüedad de los datos del Censo Nacional. Debido a que el último censo fue en el año 2010, los resultados reflejaron la información disponible, pero quedará para trabajos futuros la actualización con los nuevos datos.

Es importante destacar que es muy enriquecedor para los técnicos e investigadores que participan de este proyecto (de diferentes disciplinas) llevar a cabo una constante interacción con los ciudadanos para el aprender de las experiencias propias de los verdaderos protagonistas de las problemáticas analizadas.

REFERENCIAS

- Alonso, A., Rodríguez, J., y Lafuente, A. (2013). “¡Todos sabios! Ciencia ciudadana y conocimiento expandido”. Madrid, España. (Ediciones Cátedra, Ed.) (1.a)
- Arteaga, A., & San Juan, G. A. (2012). Metodología para obtener un índice de vulnerabilidad social. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16.
- Banco Mundial (2020). Banco Mundial: Argentina pierde unos US\$1.000 millones anuales por inundaciones. Recuperado de <http://www.preventionweb.net/>
- Centro de Estudios y Tecnología del Agua (C.E.T.A). (12 de octubre de 2019). Cazadores de Crecidas. Recuperado de <https://www.cazadoresdecrecidas.unc.edu.ar/>
- Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (FCEFYN) (12 de octubre del 2019). Adopto un cuerpo de Agua como mascota. Recuperado de <https://sites.google.com/mi.unc.edu.ar/proyecto-adoptouncuerpodeagua/>
- Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (FCEFYN) (12 de octubre de 2019). Proyecto MATTEO (Monitoreo Automático del Tiempo en Escuelas y Organismos). Recuperado de <https://sites.google.com/view/proyectomatteo/>
- Frodeman, R., & Mitcham, C. (2004). “Toward a philosophy of science policy: Approaches and Issues”. *Philosophy Today*, 48.
- Hardoy J. y Pandiella, G. (2009) “Urban poverty and vulnerability in Latin America”. *Environment and Urbanization*, 21, 203-224.
- INDEC Argentina (2010). Censo Nacional 2010. Recuperado de <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-135>
- Instituto Nacional del Agua (INA-CIRSA) (12 de octubre de 2019). Sistema de Gestión de Amenazas. Recuperado de <https://sgainacirsa.ddns.net/cirsa/login.xhtml>
- López S., Massó, L., Portigliatti A., Patalano A, Kazimierski L., Díaz Lozada J.M., Re M., García C.M. (2021). Implementación de proyectos de ciencia ciudadana en el diseño y evaluación de medidas para mitigar el riesgo hídrico de inundaciones urbanas. Congreso Latinoamericano de Hidráulica 2021, XXVI, México.
- Markowski P. y Richardson Y. (2010): “Mesoscale Meteorology in Midlatitudes”.
- Observatorio Hidrometeorológico de la provincia de Córdoba (OHMC) (12 de octubre 2019). Grupo Radar Córdoba. Radares meteorológicos. Recuperado de <https://webmet.ohmc.com.ar/>
- Ortiz, N., Re, M, Kazimierski, L.D., Garcia, P.E., (2017) “Characterization of the impact associated with different flood types on an urban basin”. CONAGUA 2017 (In spanish), XXVI, Cordoba, Argentina.

Pablo De Grande (2019). Cartografía de radios del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Recuperado de <https://mapa.poblaciones.org/map/#/@-31.393742,-64.218231,15z/l=11901!v0!w0/p=c1/f=f52832392711742>

Pablo De Grande (2019). Cartografía de radios del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. <https://mapa.poblaciones.org/>

Patalano, A., García, C. M., & Rodríguez, A. (2017). Rectification of Image Velocity Results (RIVeR): a simple and user-friendly toolbox for large-scale water surface Particle Image Velocimetry (PIV) and Particle Tracking Velocimetry (PTV). *Computers & Geosciences*.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (12 de octubre de 2019). Sistema de alerta temprana. Recuperado de <https://www.smn.gob.ar/alerta>

Tingsanchali, T. (2012). Urban flood disaster management. *Procedia engineering*, 32, 25-37. ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.1233>.

Fuentes de financiamiento: No hubo fuentes de financiamiento.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Derechos de autor (c) 2022 Andrés Julián Portigliatti, Sebastián López, Leandro Massó, Carlos Marcelo García, José Manuel Díaz Lozada, Antoine Patalano, Facundo Cruz



Motivación y factores de satisfacción en los trabajadores de la construcción: estudio de caso

Motivation and satisfaction factors in construction workers: study case

 Alan Rafael Velázquez García ¹.

¹ Universidad de Guanajuato. Guanajuato. México. ar.velazquezgarcia@ugto.mx

RESUMEN

El objetivo del presente artículo es identificar las áreas de oportunidad, abordando la motivación y satisfacción de las necesidades del trabajador de la construcción a fin de destacar la importancia del tema en el sector. Se abordó desde la perspectiva de un estudio exploratorio, el cual buscó una investigación más precisa y el desarrollo de hipótesis. Se creó un marco teórico de referencia en donde se contemplan legislaciones, teorías y contextualizaciones del problema, el cual es descriptivo y un segundo nivel que ofrece una visión de las relaciones, representaciones, necesidades, problemáticas y demás del conjunto estudiado. Como resultados principales se confirmaron las siguientes hipótesis: “Sí la recompensa obtenida excede de la que el trabajador considera adecuada o si es equiparable, el trabajador alcanza el estado de satisfacción. Sí esta relación se desarrolla en sentido inverso, se produce la insatisfacción”; “La satisfacción de necesidades influye en el orden jerárquico siguiente: fisiológico, de seguridad, de pertenencia, de estima y de realización personal en los resultados del proceso laboral”; “Los trabajadores están mayormente motivados por factores intrínsecos que por factores extrínsecos”, y “Trabajadores más motivados dependiendo de su puesto en la constructora”. Este estudio de caso usa datos cuantitativos para interpretarlos de forma cualitativa y refleja el contexto y las necesidades específicas de una empresa constructora, es una evidencia social y cultural de las condiciones en las que viven los trabajadores de la construcción en México y algunos países de Latinoamérica.

Palabras clave: Motivación. Satisfacción. Derechos laborales. Trabajadores. Albañil.

ABSTRACT

The objective of this article is to identify the areas of opportunity, addressing the motivation and satisfaction of the needs of the construction worker to highlight the importance of the topic in this sector. An exploratory study was made which sought more precise research and hypothesis development. A theoretical frame of reference was created in which legislation, theories and contextualization of the problem are contemplated. This frame offers a vision of the relationships, representations, needs, and problems of the group studied. The following assumptions were confirmed as main results: “If the reward obtained exceeds

Citar como: Velázquez García, A. R. (2022). Motivación y factores de satisfacción en los trabajadores de la construcción: Estudio de caso. *Journal Boliviano de Ciencias*, 18(52), 22-33. <https://doi.org/10.52428/20758944.v18i52.228>

Editor invitado: Joaquín Humberto Aquino Rocha

Presidente comité científico COLEIC: Nahúm Gamalier Cayo Chileno

Revisado: 28/05/2021

Aceptado: 18/09/2021

Publicado: 29/06/2022

Declaración: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses en la publicación de este documento.

Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la Creative Commons. Licencia de atribución (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

what the worker considers appropriate or if it is comparable, the worker reaches a state of satisfaction. If this relationship develops in the opposite direction, dissatisfaction occurs”; “The satisfaction of needs influences the following hierarchical order: physiological, safety, belonging, esteem and personal fulfilment in the results of the work process”; “Workers are mostly motivated by intrinsic factors rather than by extrinsic factors”, and “Workers are more motivated depending on their position in the construction company”. This research uses quantitative data to interpret them qualitatively and reflects the context, as well as the specific needs of a construction company, is a social and cultural reflection of the conditions in which construction workers live in Mexico and some Latin American countries.

Keywords: Motivation. Satisfaction factors. Labour rights. Construction Workers. Builder.

1. INTRODUCCIÓN

Los trabajadores de la construcción enfrentan prácticas laborales adversas al desarrollo de sus capacidades, así como se ven expuestos a una gran variedad de riesgos en el lugar de trabajo; químicos, físicos, biológicos y sociales (Carcaño, 2006), condiciones precarias, trabajos mal remunerados (De Oliveira, 2006), entre otras características históricamente propias del entorno, lo que desmotiva al mismo trabajador a aspirar tener un mejor desarrollo. Al tratarse de personas, este recurso incrementa en importancia la responsabilidad que los ingenieros civiles tienen, situaciones que refiere la presente investigación.

La Cámara Internacional de Trabajadores de la Construcción y la Madera (OIT, 2016) establece que actualmente en el mundo, el sector laboral de la construcción ofrece principalmente trabajo a corto plazo, no registrado, informal y peligroso en una industria totalmente fragmentada. Según un estudio realizado por la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción a través del Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción (CEESCO, 2019) usando datos de 2017, se revela que hay 6,111,055 puestos de trabajo ocupados por la industria de la construcción en México, de los cuales 5,133,086 son de albañiles tanto en empresas, como personas que laboran por su cuenta y en la autoconstrucción, referida a la construcción realizada por los propios habitantes de un lugar sin la supervisión de profesionales. El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS, 2017) indica que solamente hay 1,602,368 trabajadores asegurados por las empresas constructoras. Es decir, en solamente el 26.22% de los trabajadores de la construcción estaban asegurados.

Estos datos muestran las condiciones que se tienen que mejorar para que la albañilería sea vista como un trabajo digno. Entre ellos se puede mencionar: los bajos salarios con respecto a lo desgastante que es; la poca capacitación que se recibe; la insuficiente oportunidad de tener un empleo seguro, porque gran parte de los albañiles tienen trabajos eventuales; la constante búsqueda de un trabajo para

asegurar un ingreso, y no generar antigüedad en una empresa (De Castro Sánchez, 2018).

El Centro de Estudios Económicos de la Industria de la Construcción (CEESCO, 2018) refiere que, a pesar de estas múltiples condiciones, la industria de la construcción es una actividad clave para la economía mexicana, debido a que el sector incrementó su contribución en el PIB (Producto Interno Bruto) nacional de 7.7% en 2013 a 8.0% en 2017. Tradicionalmente la construcción es un generador de empleos por excelencia, contribuyó con alrededor del 12% de empleos en el país.

Entre los objetivos particulares de la investigación se establecieron: identificar y visibilizar la importancia del valor como ser humano del trabajador de la construcción en la industria y cumplir con las obligaciones obrero-patronales exigidas por ley; promover la motivación al trabajador y sus compañeros a través de la concientización a las entidades contratantes para la mejora de su entorno laboral e identificar los factores de satisfacción del trabajador, y proponer soluciones con base en los escenarios analizados para un mejor ambiente laboral creado en los que las empresas constructoras puedan aplicarlas.

2. MARCO NORMATIVO

La investigación está planeada para obtener información de dos partes detalladas a continuación.

2.1. Contexto legislativo y jurídico mexicano en el trabajo de la construcción sobre patrones y trabajadores

Entre las legislaciones mexicanas se analizaron la Ley Federal del Trabajo (2019); la Ley del Seguro Social (2020); la Norma Oficial Mexicana (NOM-031-STPS, 2011) sobre construcción-condiciones de Seguridad y salud en el Trabajo, y la Norma Oficial Mexicana (NOM-035-STPS, 2018) sobre factores de riesgo psicosocial en el trabajo-identificación, análisis y prevención.

2.2 Contexto histórico del trabajo de la construcción sobre patrones y trabajadores en Guanajuato y México

Por parte del contexto histórico del trabajo se analizaron dos fuentes. La primera corresponde al informe “3 de mayo, día del albañil” del Instituto de Planeación, Estadística y Geografía (IPLANEG, 2017). En este segmento se analizaron características como las Demográficas y Sociales, Distribución Territorial, Estructura por edad, Educación, así como las características del empleo en la región. Además, se contempla el estudio exploratorio sobre la motivación del albañil de Cuevas Rosales (2004). El autor hace una importante investigación, justificando

que, en México frecuentemente el trabajador de la construcción no es tomado en cuenta como ser humano, sino como un medio de producción.

Aunado a esto, se seleccionó la Teoría de Jerarquía de Necesidades de Maslow, donde se menciona que las acciones nacen de la motivación por cubrir ciertas necesidades, las cuales inconscientemente ordenamos según su importancia para nuestro bienestar (García-Allen, 2016).

3. METODOLOGÍA

Los estudios de caso a considerar se abordaron desde la perspectiva de un estudio exploratorio, el cual formuló un problema para posibilitar una investigación. Permitted formular hipótesis de primer y segundo grado, las cuales se comentan posteriormente en el documento. Se posee información previa con la que se tiene claridad sobre la investigación que se presenta, más la información que proporcionaron los trabajadores. Como primer nivel de conocimiento se tiene un marco teórico de referencia en donde se contemplan legislaciones, teorías y contextualizaciones, el cual es descriptivo y es la base para el avance en este segundo nivel.

3.1. Población, muestra y muestreo

El muestreo, conocido como determinístico, define el tamaño y selección de la muestra bajo aspectos subjetivos como lo son el criterio personal y accesibilidad, entre otros; en este tipo de muestreo los resultados no pueden generalizarse a la población objeto de estudio, son válidos exclusivamente para el conjunto de elementos en muestra.

El muestreo es social. Geográficamente todos están ubicados en el territorio del Municipio de León, Guanajuato, México. La empresa fue seleccionada por aceptar formar parte de la investigación y contar con un número considerable de trabajadores, 17 trabajadores y un supervisor, esto para generar estadísticas completas de la constructora. El estudio se realizó en las tres obras de construcción que se encontraban ejecutando durante el proceso de investigación: ampliación de dos casas y la construcción de otra. La población de estudio se divide en: los trabajadores de la construcción y el supervisor.

3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se hizo mediante un cuestionario que constó de tres etapas (42 ítems): la primera abarca la información general para conocer el perfil del trabajador promedio en la empresa constructora. La segunda (8 ítems) tiene preguntas abiertas para conocer mediante las propias palabras del trabajador como es el ambiente laboral en el que se desempeña actualmente y si las percepciones de todos coinciden, de no ser así, interpretar por qué no se percibe de la misma manera.

Y, por último, la tercera etapa (27 ítems) es una combinación entre preguntas que miden el nivel de satisfacción y la adaptación del cuestionario MbM (Management by Motivation) de Sashkin (1996), con un análisis de resultados basado en la metodología de escala de Likert, la cual consta de una serie de afirmaciones que pueden reflejar o no lo que el trabajador piensa sobre su trabajo. A través de una escala de calificación se cuestionó a los participantes sobre su nivel de acuerdo o desacuerdo con cada declaración.

4. RESULTADOS

Según la muestra de trabajadores analizada, seis de ellos son oficiales de construcción, ocho son ayudantes de oficial, uno es medio oficial, otro de ellos es encargado y apoya a los diferentes oficiales. Uno más se dedica a hacer los trabajos de herrería, carpintería, entre otros.

La mitad de la fuerza de trabajo de la empresa constructora tienen más de 50 años (47.1%). Todos los trabajadores se encuentran dentro de la edad para laborar legalmente. En cuanto a la educación (Figura 1), solo dos de los trabajadores, los cuales se encuentran en el rango de edad entre 50 y 60 años, tienen estudios técnicos y terminaron el nivel medio superior de educación. Uno tiene la preparatoria incompleta, el cual es también el menor de todos. Predominan con 23.2% los trabajadores con la secundaria completa.

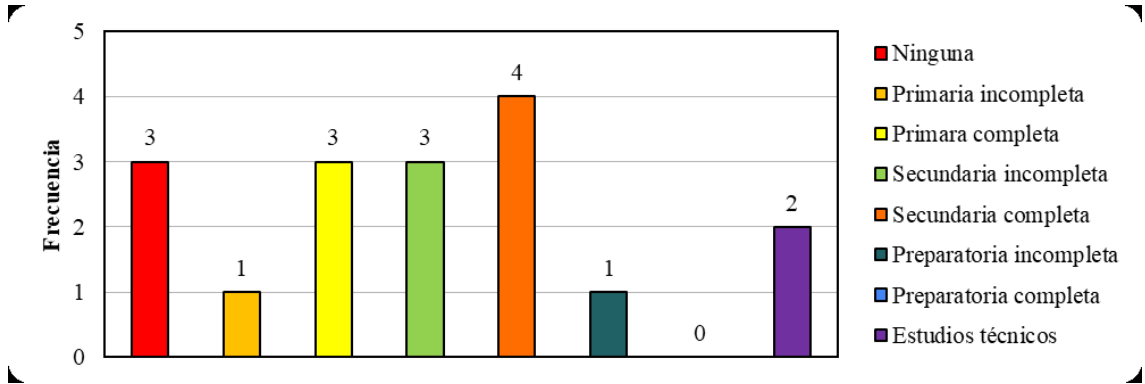


Figura 1. Nivel de escolaridad. Fuente: Elaboración propia.

El 29.4% (5) de los trabajadores tienen el estado civil de solteros y, según el proceso de observación y convivencia, no tienen dependientes de sus ingresos económicos. El 70.6% de los trabajadores tienen cónyuge y la mayoría de ellos tienen hijos e hijas, por lo que se entiende que tienen dependientes directos de sus ingresos económicos.

En las Figuras 2 y 3 se observa que el 76.5% de los trabajadores no nacieron en el municipio donde actualmente laboran. Tres de los trabajadores residen y/o trabajan en un municipio diferente al que nacieron. Dos de los trabajadores nacieron en León, trabajan en León, pero no residen en el mismo municipio. Solo dos de los trabajadores residen y trabajan en León. El 88.2% (15) de los trabajadores se tienen que desplazar diaria o semanalmente desde su municipio de residencia hasta su lugar de trabajo. Sus municipios de residencia se encuentran a 29, 75 y 90 km de distancia, respectivamente.

El 41.2% (7) de los trabajadores tienen más de 10 años laborando como trabajadores de la construcción, entre estos siete casi todos con más de 50 años, a excepción de uno que tiene 28 años, lo que quiere decir que ha pasado mayor parte de su vida trabajando como albañil. Otros siete trabajadores tienen menos de dos años trabajando en la industria, dos tienen entre 2 - 5 años y uno entre 5 - 10 años, trabajando como albañil.

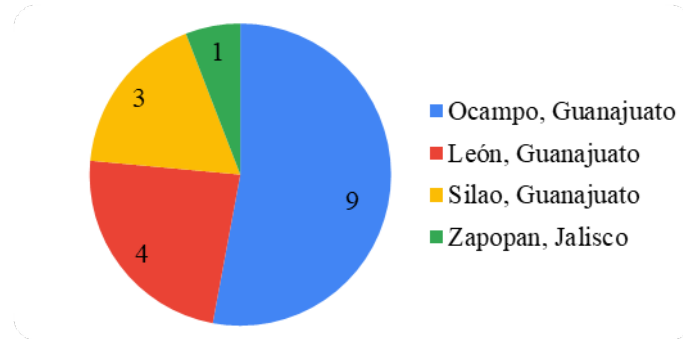


Figura 2. Lugar de nacimiento. Fuente: Elaboración propia.

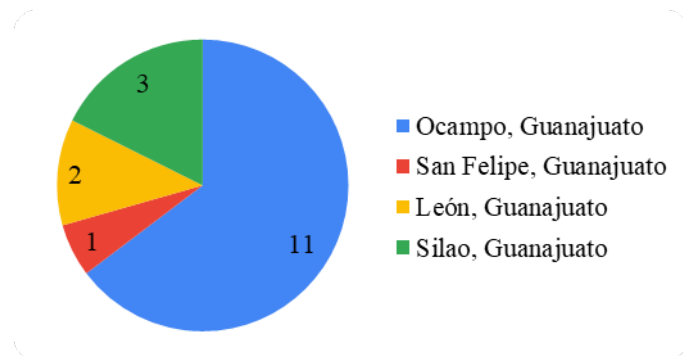


Figura 3. Lugar de residencia. Fuente: Elaboración propia.

Entre las razones más mencionadas respecto al por qué se dedican a la construcción, destacan en orden el gusto por la actividad (6), la necesidad de ganar dinero (5), porque piden menos requisitos y la contratación es inmediata (4). Cabe mencionar

que en esta y en las afirmaciones siguientes los trabajadores podían escoger más de una respuesta.

El 64.9% de los trabajadores (11) refieren que el trabajo actual es su única fuente de ingresos; mientras que, el resto dicen tener otros trabajos eventuales o los fines de semana. Ninguno de ellos, afirman seguir estudiando.

Entre las funciones que los trabajadores más desempeñan y se sienten cómodos se encuentran: acabados (10), pisos y azulejos (9), obra gris (8). Entre las funciones que menos se desempeñan se encuentran las estructuras y la supervisión. Y, entre las áreas en las que más les gustaría recibir capacitación se encuentran las instalaciones (5) y las estructuras (5). La menos solicitada fue obra gris, lo cual se esperaba porque es parte de las actividades que ya saben ejecutar. Se destaca el comentario extra de un trabajador que agregó la opción de capacitarse en ser oficial.

Las Figuras 4 y 5 exhiben lo que los trabajadores valoran y desaprueban de un ambiente laboral, respectivamente. El 64.9% de los trabajadores expreso que les gusta su trabajo actual porque es un trabajo seguro. Después, las opciones más señaladas fueron que valoran el respeto, la comunicación y la toma de decisiones. Entre las cosas desaprueban en el trabajo destaca la falta de material y/o herramienta (10) y la falta de respeto por parte de compañeros y/o supervisor. La menos mencionada fue falta de pago puntual. Los trabajadores coinciden, en su mayoría, en que les gustaría contar con materiales y herramientas de trabajo (7), pero aún es más importante para ellos rotar y hacer diferentes actividades (9). Comparando estos resultados, es importante considera que la percepción de cada individuo es diferente y es por ello que algunos trabajadores difieren a pesar de compartir el mismo puesto de trabajo, como puede ser en el respeto a su persona.

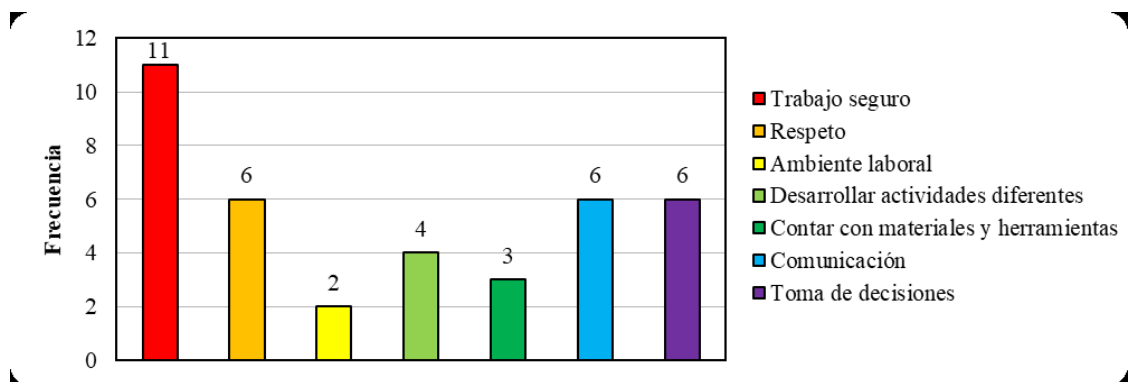


Figura 4. Aspectos positivos en el trabajo. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 1 presenta un resumen de las necesidades que son más importantes de cubrir para los trabajadores. En los colores más oscuros se observan los números más altos, en un intervalo de 0 a 30 puntos, los más cercanos a 30 muestran un grado de importancia mayor para el trabajador. Por ejemplo, el trabajador número 9 indica que las necesidades de seguridad y afiliación son más importantes que las de reconocimiento y autorrealización. La Tabla 2 presenta el promedio de la evaluación de los 17 trabajadores en la que, para toda la muestra en conjunto, las 4 necesidades analizadas tienen un grado de importancia alto.

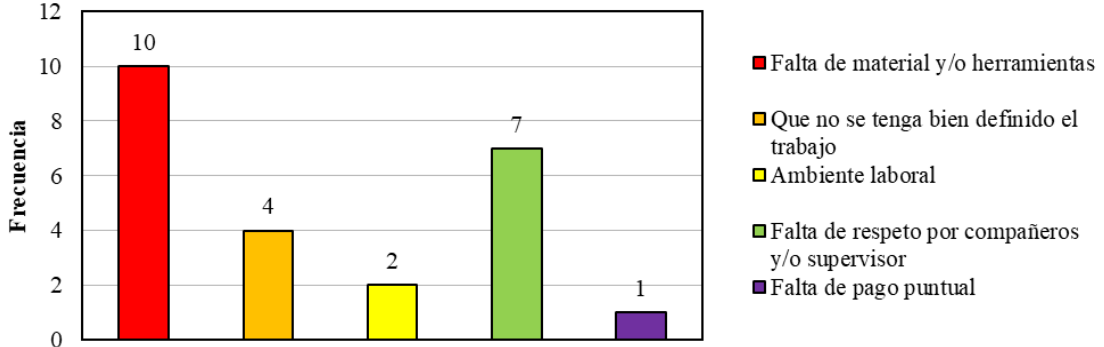


Figura 5. Aspectos negativos en el trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Necesidades Analizadas Trabajadores.

Necesidades	Encuestados																	Promedio	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Seguridad	25	30	29	20	25	26	22	12	26	21	25	21	27	28	24	20	27	24,00	4
Afiliación	27	26	23	22	20	30	24	16	27	26	22	24	24	26	22	25	22	23,88	3
Reconocimiento	30	30	24	19	28	30	27	8	24	27	22	19	21	25	20	21	28	23,71	6
Autorrealización	24	24	28	18	30	23	26	15	20	24	24	22	26	25	26	25	24	23,76	4
Promedio individual	26,5	27,5	26	19,8	25,8	27,2	24,8	12,8	24,2	24,5	23,2	21,5	24,5	26	23	22,8	25,2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Representación de resultados trabajadores.

Importancia	Necesidades			
	Protección y seguridad	Sociales y de pertenencia	Autoestima	Autorrealización
Muy alta	27	27	27	27
Alta	24	24	24	24
Media	17	17	17	17
Baja	14	14	14	14
Muy baja	10	10	10	10

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que, en promedio, para los trabajadores las cuatro necesidades representan un mismo nivel de importancia, el cual es alto. No se percibe una clara preferencia colectiva por alguno de ellos. Pero se puede observar que en la necesidad de afiliación es donde tienden a coincidir más en opinión. En la necesidad de reconocimiento hay más alteraciones en los números, algunos de los trabajadores puntúan muy alta esta necesidad, pero algunos otros como escasamente importante. Las necesidades de Seguridad y de Autorrealización recibieron un puntaje muy similar en el que ambos son igualmente importantes, pero se reconoce que jerárquicamente la seguridad es esencial.

En la Tabla 3 se representan los resultados analizados de la perspectiva del supervisor para con sus trabajadores. El puntaje, del 0 al 30, las cuatro necesidades analizadas tienden a ser relevantes al momento de considerarlas. La Tabla 4 muestra que sí existe un orden jerárquico en grado de importancia entre las cuatro necesidades analizadas.

Tabla 3. Necesidades analizadas por el supervisor.

Necesidades	Supervisor
Seguridad	27
Afiliación	25
Reconocimiento	24
Autorrealización	24

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Representación de resultados supervisor.

Importancia	Necesidades			
	Protección y seguridad	Sociales y de pertenencia	Autoestima	Autorrealización
Muy alta	27	27	27	27
Alta	24	25	24	24
Media	17	17	17	17
Baja	14	14	14	14
Muy baja	10	10	10	10

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que, para el supervisor, las necesidades de protección y seguridad son primordiales de satisfacer, seguidas por las sociales y de pertenencia. En similar importancia se encuentran las de autoestima y autorrealización.

Por último, las hipótesis planteadas se cumplen en lo particular, como muestra la Tabla 5. Así mismo, aportan a la confirmación de las ideas de los entornos en los que se desarrollan los trabajadores y cómo podrían mejorarse.

Tabla 5. Resultados de hipótesis.

Hipótesis específicas		
1	“Sí la recompensa obtenida excede de la que el trabajador considera adecuada o si es equiparable, el trabajador alcanza el estado de satisfacción. Sí esta relación se desarrolla en sentido inverso, se produce la insatisfacción”	Se cumple
2	“La satisfacción de necesidades influye en el orden jerárquico siguiente: fisiológico, de seguridad, de pertenencia, de estima y de realización personal en los resultados del proceso laboral”.	Se cumple
3	“La satisfacción de las diversas necesidades personales y familiares permite al trabajador desarrollarse en un ambiente de comprensión, creatividad y efectividad laboral”	Se cumple
4	“Sí los trabajadores de la construcción son motivados por factores intrínsecos se desempeñan mejor que sí se les motiva por factores extrínsecos”	Se cumple
5	“No existe una relación entre el grado de motivación del trabajador y su nivel de escolaridad”.	Se cumple
6	“Existe una relación significativa entre el grado de motivación de los trabajadores y el tiempo de servicio en la empresa”.	Se cumple en cierta medida
7	“Existe una diferencia significativa en el grado de motivación de los trabajadores y su puesto dentro de la estructura organizacional”	Se cumple en cierta medida
Hipótesis General		
1	“La motivación es un factor de mejora significativa de la productividad de los trabajadores de la construcción”	Se cumple

Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo, si bien es un estudio de caso que muestra el contexto, y las necesidades específicas de una sola empresa constructora, es un reflejo social y cultural de las condiciones en las que viven los trabajadores de la construcción en México. Esta investigación usa datos cuantitativos para interpretarlos de forma cualitativa. El estudio fue de lo general a lo particular en la búsqueda de entender a los trabajadores como personas, como individuos con necesidades y características particulares.

Se analizaron los diferentes espacios donde se desarrollan (diferentes obras de construcción). A través de la investigación teórica y el trabajo en campo, se puede corroborar de que las estadísticas de las instituciones mencionadas en el marco teórico no se despegan de la realidad.

La empresa constructora requiere dar un enfoque más humano y sensible en lo administrativo para con sus trabajadores. Si bien ellos aseguran sentirse bien, la

percepción de bienestar recae sobre el contexto en el que siempre se han desarrollado y es importante que su lugar de empleo también se preocupe por ampliar y mejorar las perspectivas de los trabajadores para que sean más críticos y objetivos con su entorno. Se muestra un interés sincero por parte de los empleadores por mejorar los entornos laborales de sus trabajadores, pero se cree que el desconocimiento en esta área y las cuestiones económicas por las que se atraviesa no permiten que exista esa completa voluntad y disposición de hacerlo. Con este tipo de estudios se da a conocer la posibilidad de mejorar las condiciones sin la necesidad de grandes inversiones, y las que se hagan serán redituables en el corto plazo.

Se propone que este trabajo se continúe profundizando de una manera multidisciplinaria, en la que se involucren a profesionales de áreas como la psicología, el derecho, la ingeniería industrial, la arquitectura y por supuesto la ingeniería civil. De modo que se abarquen temas con mayor especialidad para trabajar sobre condiciones con mejor delimitación y alcance.

Este trabajo está hecho para adaptarse a otras empresas constructoras. Solo se deben adecuar las preguntas de las encuestas del trabajador y usar un enfoque particular a la empresa que se analice. Se ve viable que se lleve a cabo un estudio de forma masiva en el que estén incluidas más empresas y así recuperar datos de zonas en particular y ver la relación con el lugar.

REFERENCIAS

- Carcaño, R. S. (2006). Riesgos en la salud de los trabajadores de la construcción. *Ingeniería*, 10(2), 67-74.
- Centro de estudios económicos de la industria de la construcción (CEESCO). (2018). La fuerza laboral en el sector de la construcción. Recuperado de https://www.cmic.org.mx/cmhc/ceesco/2018/Fuerza%20Laboral%20en%20la%20Industria%20de%20la%20Construcci%C3%B3n_CEESCO_1.pdf
- Centro de estudios económicos del sector de la construcción (CEESCO). (2019). Situación del empleo en el sector de la construcción. Recuperado de https://www.cmic.org.mx/cmhc/ceesco/2019/PDF/Situaci%C3%B3n%20del%20Empleo%20en%20el%20Sector%20de%20la%20Construcci%C3%B3n%20al%20mes%20de%20Mayo%202019_CEESCO_04_07_2019.pdf
- Cuevas Rosales, M.F. (2004). Estudio exploratorio sobre la motivación del albañil. Universidad Iberoamericana, México.
- De Castro Sánchez, S. (2018). ¿Por qué cobra más un arquitecto que un albañil? Recuperado de <https://www.elsaltodiario.com/el-rumor-de-las-multitudes/por-que-cobra-mas-un-arquitecto-que-un-albanil>
- De Oliveira, O. (2006). Jóvenes y precariedad laboral en México. *Papeles de población*, 12(49), 37-73.

- García-Allen, J. (2016). Pirámide de Maslow: la jerarquía de las necesidades humanas. Recuperado de <https://psicologiymente.com/psicologia/piramide-de-maslow>
- Instituto de Planeación, Estadística y Geografía (IPLANEG). (2017). 3 de mayo, día del albañil. Recuperado de https://seieg.iplaneg.net/seieg/doc/Dia_del_Albanil_020517_1493779506.pdf
- Instituto Mexicano de Seguro Social (IMSS). (2017). IMSS Prospera. Recuperado de <http://www.imss.gob.mx/imss-prospera>
- Ley del Seguro Social (2020). Diario oficial de la Federación, última reforma del 2020-10-21. Recuperado de <http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/pdf/leyes/LSS.pdf>
- Ley Federal del Trabajo (2019), Diario oficial de la Federación, última reforma del 2019-07-02. Recuperado de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/125_020719.pdf
- Norma oficial mexicana (NOM-031-STPS). (2011). Construcción-condiciones de seguridad y salud en el trabajo. Recuperado de <http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/NOM-031.pdf>
- Norma oficial mexicana (NOM-035-STPS). (2018). Factores de riesgo psicosocial en el trabajo-identificación, análisis y prevención. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5541828
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2016). Mejore su negocio: el recurso humano y la productividad. Ginebra, Suiza. Recuperado de http://www.ilo.org/safework/areasofwork/hazardous-work/WCMS_356582/lang--es/index.html
- Sashkin, M. (1996). El Cuestionario MbM: Gestión por motivación. Recuperado de <https://downloads.hrdpressonline.com/files/7320080417160937.pdf>

Fuentes de financiamiento: No aplica.

Declaración de conflicto de intereses: El autor declara no tener conflictos de interés.

Derechos de autor (c) 2022 Alan Rafael Velázquez García



Identificación de personas sin barbijo utilizando Deep Learning

Identification of people without a mask using Deep Learning

Giovanny Germán Rocha Vallejo 1.

1. Licenciado en Informática. Universidad Privada del Valle. Cochabamba. Bolivia. giov1@gmail.com.

RESUMEN

Este trabajo hace uso de las redes neuronales convolucionales para la detección de personas sin barbijo, ya que debido a la coyuntura actual del COVID-19 y de acuerdo con las medidas de bioseguridad instruidas por las instituciones gubernamentales y de salud, se ha visto de una manera comprobada que el uso de los barbijos o mascarillas quirúrgicas ayudan a reducir el riesgo de contagio de la enfermedad, por esta razón se hace evidente la necesidad de realizar la detección o identificación de personas que no estén utilizando un barbijo, incumpliendo con esta medida de bioseguridad y poniendo en riesgo a un grupo de la población.

Inicialmente se estableció un repositorio de entrenamiento compuesto por imágenes de personas con y sin barbijos, dichas imágenes habrían sido obtenidas de distintas fuentes.

Se han entrenado y comparado tres tipos de redes neuronales convolucionales, Faster R-CNN, SSD (Single Shot MultiBox Detector) y YOLO (You Only Look Once), cada una realiza la detección de personas con y sin barbijos, destacándose una de otra por su rapidez, precisión o rendimiento.

Para la obtención de los modelos de detección de objetos, se han utilizado los frameworks Darknet y TensorFlow Object Detection API, además de Google Colab que al ser un servicio de un proveedor gratuito, proveyó también potentes características computacionales.

Palabras clave: Visión por computador. Aprendizaje profundo. Red neuronal convolucional. Detección de objetos, YOLO.

ABSTRACT

This work makes use of convolutional neural networks to detect people with and without mask, due to the current situation of COVID-19 and in accordance with the biosecurity measures instructed by government and health institutions, it has been proven in a way that the use of surgical masks or chinstraps help to reduce the risk of contagion of the disease, the need to be able to detect or identify

Citar como: Rocha Vallejo, G. G. (2022). Identificación de personas sin barbijo utilizando Deep Learning. *Journal Boliviano de Ciencias*, 18(52), 34-44. <https://doi.org/10.52428/20758944.v18i52.236>

Editor invitado: Joaquin Humberto Aquino Rocha

Presidente comité científico COLEIC: Nahúm Gamalier Cayo Chileno

Revisado: 25/04/2022

Aceptado: 27/04/2022

Publicado: 29/06/2022

Declaración: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses en la publicación de este documento.

Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la Creative Commons. Licencia de atribución (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

people who are not wearing a mask becomes evident, not complying with this biosecurity measure and putting a group of the population at risk.

Initially, a training repository was established consisting of images of people with and without masks, these images were obtained from different sources.

Three types of convolutional neural networks have been trained and compared, Faster R-CNN, SSD (Single Shot MultiBox Detector) and YOLO (You Only Look Once), each one performs the detection of people with and without masks, standing out one from the other due to its speed, precision, or performance.

To obtain the object detection models, Darknet and TensorFlow Object Detection API frameworks have been used, Google Colab was used too, which, being a free provider, it also provided powerful computational features.

Keywords: Computer vision. Deep learning. Convolutional neural networks. Object detection. YOLO.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las áreas de aplicación del Deep Learning es la detección de objetos, que es el proceso de identificación y localización de ciertas entidades que dependiendo del contexto interesa ubicar, ya sea que estén en una imagen o en un video. En la actualidad existen bastantes modelos de detección de objetos, que se diferencian de las novedosas técnicas que utilizan a la hora de realizar la detección, esto trae consigo que algunos modelos se destaquen por su precisión, rendimiento o velocidad a la hora de ser utilizados.

Las redes neuronales convolucionales son la base de los modelos de detección de objetos, si bien fueron creadas en los 90's, hoy en día siguen apareciendo nuevas, cada una con mejores características que otra. YOLO (You Only Look Once) es una red neuronal convolucional que se destaca por su velocidad a la hora de realizar la detección de objetos, procesa toda una imagen una única vez, realizando la extracción, filtraje, localización y clasificación de los objetos con los que fue entrenada (Redmon et al., 2016).

Transfer learning es una técnica que permite utilizar el conocimiento obtenido de entrenar un modelo y utilizarlo en la obtención de otro. Con esto lo que se pretende lograr es una reducción del tiempo de entrenamiento así como obtener modelos más precisos y robustos (Pan y Yang, 2010). Fine tuning en deep learning implica el uso de los pesos de un algoritmo de aprendizaje profundo anterior para programar otro proceso de aprendizaje profundo similar (Joshi, 2020).

Los modelos de detección de objetos predicen un cuadro delimitador y una categoría de un objeto en una imagen. Intersection Over Union (IoU) se utiliza para determinar si el cuadro delimitador se predijo correctamente. IoU se define como el área de la intersección o superposición dividida por el área de la unión de un

recuadro delimitador predicho con un recuadro delimitador de verdad fundamental (Padilla et al., 2020)

Con la aparición del COVID-19 a finales del año 2019, el uso del barbijo se ha vuelto en algo básico para tratar de prevenir la enfermedad, es así que poder identificar a personas que no lo estén utilizando resulta algo útil y necesario, es por esta razón que se plantea en el presente trabajo utilizar una red neuronal convolucional entrenada para detectar personas sin barbijo.

2. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

Para la obtención de los modelos de detección que permitan detectar personas con o sin barbijos se ejecutaron varias actividades, comenzando con la elaboración del repositorio de imágenes de entrenamiento, seguido de las herramientas y el entorno de trabajo utilizados, y finalmente el proceso de entrenamiento de las redes YOLO, Faster R-CNN y SSD.

1. Repositorio imágenes de entrenamiento

Para establecer el repositorio de imágenes de entrenamiento de la red neuronal, se hizo uso de cuatro Dataset públicos que contendrían imágenes de personas con y sin barbijos.

1.1. Unificación de los Dataset

Debido a que se utilizaron cuatro Dataset de distintas fuentes, para poder unificarlos en un solo repositorio de imágenes, se tuvo que realizar un preprocesamiento de las mismas junto con los archivos de texto que las acompañaban.

1.2. Generación de los archivos pivote

Una vez centralizadas y uniformizadas las imágenes y archivos de texto, se procedió a generar los archivos pivote del repositorio, que contendrían información de las clases u objetos a entrenar, así como también la ubicación y porcentaje de las imágenes que serían utilizadas para el entrenamiento y validación.

2. Herramientas y entorno de trabajo

Para la obtención de un modelo de detección utilizando YOLO se hizo uso de Darknet que provee muchas facilidades para el entrenamiento y validación de la red neuronal, así mismo se utilizó también Google Colab que al ser un entorno de trabajo en la nube, es gratuito y provee características computacionales de muy buen rendimiento. Para el entrenamiento de Faster R-CNN y SSD se utilizó el API de TensorFlow Object Detection.

3. YOLOv4

La arquitectura de la versión 4 de YOLO implementada en el framework de Darknet, está conformada por 162 capas, de convolución (conv), de ruta (route), de atajo (shortcut) y del tipo YOLO.

Para realizar el entrenamiento de la red neuronal, se tuvo que realizar algunas modificaciones a los archivos de configuración del framework, para que queden definidos valores como el número de clases a entrenar, número de filtros, tamaño del redimensionamiento de las imágenes, técnicas de data augmentation a utilizar.

3.1. Archivo con pesos pre-entrenados

Debido a que el uso de archivos con pesos pre-entrenados ayudan a que un detector de objetos personalizado sea mucho más preciso y no tenga que entrenar tanto tiempo, se procedió a descargar el archivo `yolov4.conv.137`¹ de pesos pre-entrenados para las capas convolucionales de la red neuronal YOLO v4.

3.2. Ejecución del entrenamiento

Para el proceso de entrenamiento, se habilitó el uso del GPU de Google Colab, lográndose completar todo el proceso en un tiempo total de 2 días.

4. Faster R-CNN y SSD

Para poder comparar los resultados obtenidos del entrenamiento realizado con YOLO v4, se realizó también el entrenamiento de las redes Faster R-CNN y SSD con el mismo repositorio de imágenes que fue utilizado por YOLO, pero se hizo uso del API de TensorFlow Object Detection para este propósito.

4.1. Conversión repositorio de entrenamiento

El API de TensorFlow Object Detección requiere que los archivos que serán utilizados para el entrenamiento y validación del modelo de detección estén en formato TFRecord, que es un formato serializado utilizado por TensorFlow para almacenar los datos. Es así que los archivos del repositorio tuvieron que ser convertidos del formato YOLO al formato TFRecord.

4.2. Modelos de detección pre-entrenados

Para el entrenamiento de las redes Faster R-CNN y SSD se utilizaron modelos de detección pre-entrenados, que permiten mejorar la precisión y tiempo de entrenamiento. Se hizo uso de los modelos SSD ResNet50 V1 FPN 640x640 (RetinaNet50) y Faster R-CNN ResNet50 V1 640x640 que están disponibles en (TensorFlow 2 Detection Model Zoo, 2021).

¹ De https://github.com/AlexeyAB/darknet/releases/download/darknet_yolo_v3_optimal/yolov4.conv.137

4.3. Entrenamiento de Faster R-CNN y SSD

Debido a que Faster R-CNN y SSD requieren más ciclos de entrenamiento para obtener buenas detecciones, el tiempo total que fue requerido para completar este proceso fue de 5 días.

3. RESULTADOS

Después de haber entrenado las redes neuronales convolucionales YOLO v4, Faster R-CNN y SSD con el repositorio de imágenes de personas con y sin barbijos, a continuación, se presentan los resultados obtenidos seguidos del análisis respectivo.

1. Métricas obtenidas

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de Verdaderos Positivos (VP), Falsos Positivos (FP) y Falsos Negativos (FN) por modelo:

Tabla 1. Valores de VP, FP y FN obtenidos

Modelo	VP	FP	FN
YOLO v4	1985	174	212
Faster R-CNN	1997	24	350
SSD	1809	25	538

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se puede observar que los tres modelos son capaces de detectar correctamente a la mayoría de los objetos. Es importante resaltar que el número de FP en YOLO es mayor con relación a Faster R-CNN y SSD, pero el número de FN es menor, por lo que se puede afirmar que YOLO logró detectar más objetos, aunque un grupo de estas detecciones no superaron el umbral IoU definido.

En cuanto a las principales métricas utilizadas para los modelos de detección se obtuvieron las que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Métricas obtenidas

Modelo	mAP@0.50	Precision	Recall	F1-Score
YOLO v4	90.99%	0.92	0.90	0.91
Faster R-CNN	88,9%	0.96	0.79	0.87
SSD	85.6%	0.95	0,74	0.83

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Como se puede ver, los tres modelos tienen un mAP arriba de 85%, lo que significa que todos tienen un buen desempeño a la hora de realizar la detección de las clases entrenadas. En las Figuras 1 y 2 se muestran algunos ejemplos de las detecciones efectuadas.

Figura 1. Detecciones realizadas por Faster R-CNN



Fuente: Elaboración propia, 2022.

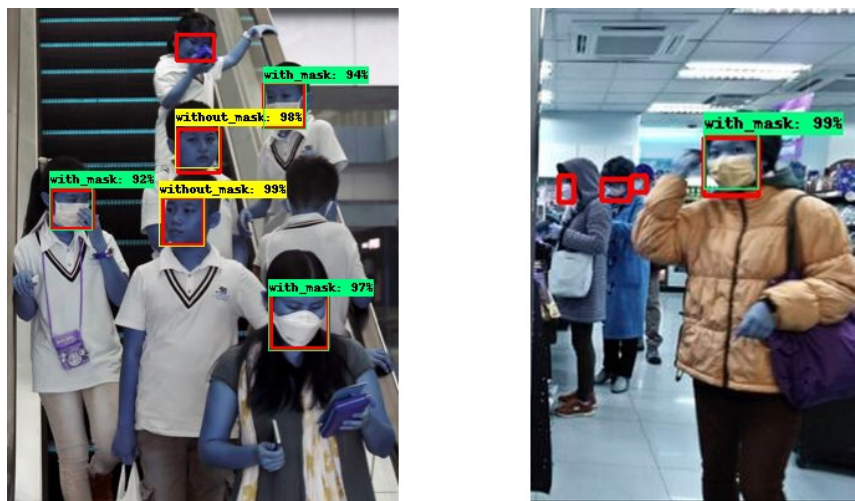
Figura 2. Detecciones realizadas por YOLO



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Como se puede observar en la Tabla 2, Faster R-CNN y SSD obtienen mejor precision lo que significa que un buen porcentaje de las detecciones realizadas tienen realmente valor, pero su recall es más bajo, lo que indica que no lograron detectar a varios objetos relevantes como puede ver en la Figura 3, que es parte de algunas imágenes obtenidas del proceso de entrenamiento realizado.

Figura 3. Ejemplo objetos no detectados

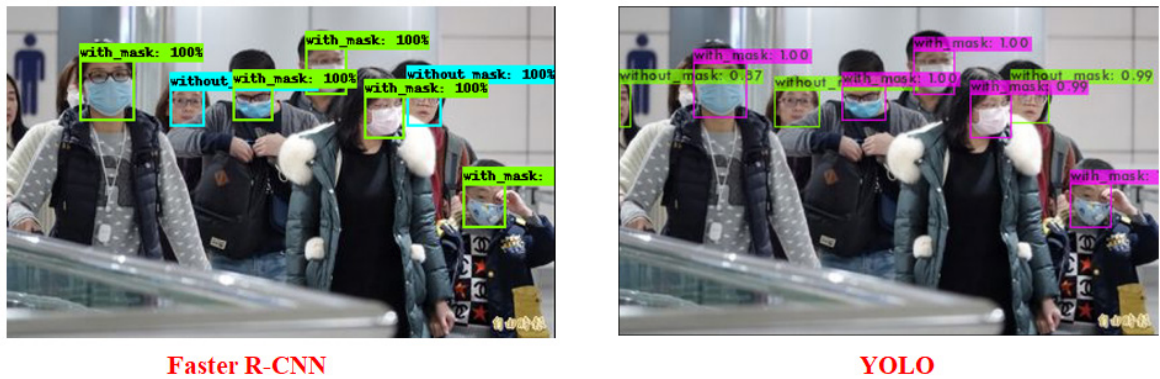


Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los recuadros de color rojo son los recuadros delimitadores de verdad fundamental (ground truth bounding box), como se puede apreciar algunos no fueron detectados, pero los que sí lo fueron tienen un buen porcentaje de certeza.

En cuanto a *recall*, YOLO es el que tiene el valor más alto en esta métrica, lo que significa que logra detectar a un mayor número de todos los objetos existentes en una imagen, un ejemplo de aquello es mostrado en la Figura 4, donde se puede apreciar que YOLO detecta correctamente a una persona que está casi al límite de la imagen a diferencia de Faster R-CNN.

Figura 4. YOLO detecta una persona más que Faster R-CNN



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Así mismo, se puede ver también que, de los tres modelos, YOLO obtiene un F1-Score más alto, lo que significa que el modelo es más balanceado entre precisión y recall, por lo que consigue obtener un buen número de detecciones efectivas y detectar a una mayoría de los objetos relevantes.

En cuanto a la velocidad a la hora de realizar las detecciones, para poder comparar los modelos, se utilizó FPS (Frame Per Second) que define que tan rápido un modelo de detección de objetos procesa un video y despliega los resultados obtenidos (Tabla 3).

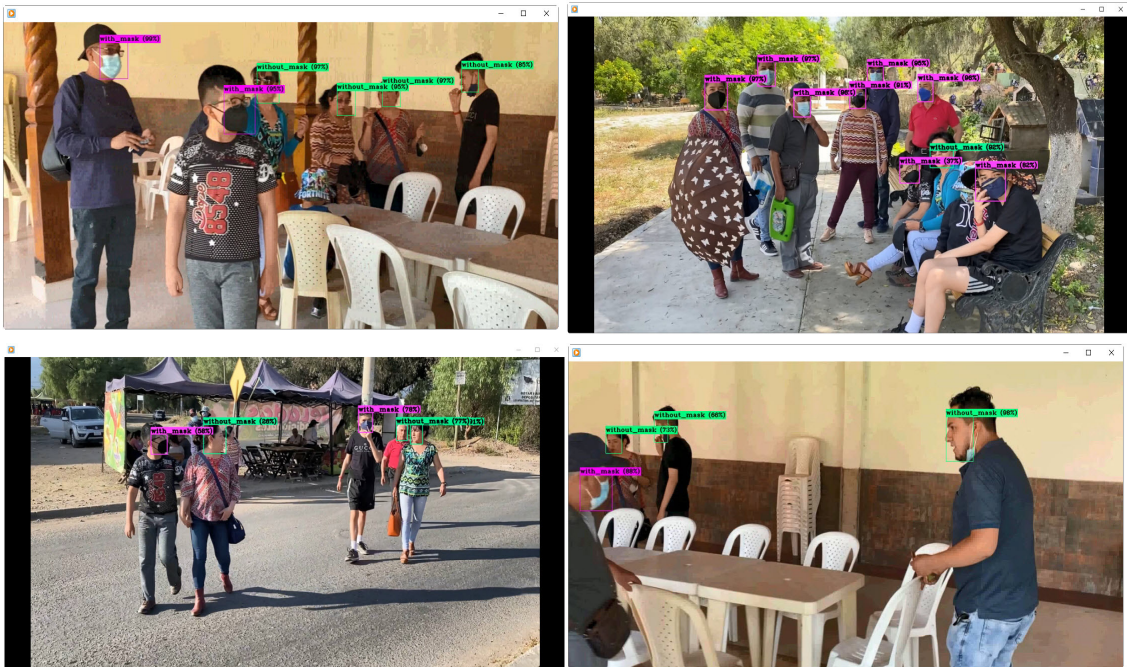
Tabla 3. Velocidad de los modelos

Modelo	FPS
YOLO v4	55.3
Faster R-CNN	10.5
SSD	16.9

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Como se puede observar YOLO v4 obtuvo mejores resultados que Faster R-CNN y SSD, prácticamente realizando la detección en tiempo real, esta es una de las principales características de ese modelo, su velocidad. En la Figura 5 se muestran algunos ejemplos de las detecciones realizadas por YOLOv4.

Figura 5. Detecciones realizadas por YOLO en video



Fuente: Elaboración propia, 2022.

5. CONCLUSIONES

Se han utilizado tres de los principales modelos de detección de objetos que existen actualmente en el área del Deep Learning: Faster R-CNN, SSD y YOLO, para poder evaluarlos a la hora de realizar la detección de objetos, se procedió a entrenarlos, utilizando el mismo repositorio de imágenes de personas con y sin barbijos, se pudo evidenciar que algunos modelos requieren más tiempo y ciclos de entrenamiento que otros, como resultado final de todo ese proceso se pudo constatar que si bien Faster R-CNN y SSD tienen mejor precisión a la hora de realizar la detección, les falta mejorar la identificación de objetos relevantes en una imagen, así como también su velocidad a hora de realizar la detección. YOLO en cambio obtuvo muy buenos resultados en cuanto a la precisión e identificación de objetos relevantes en una imagen, logrando ser más equilibrado en ese aspecto, con relación a la velocidad a la hora de realizar la detección, fue sin lugar a duda muy superior a los otros modelos, realizando la detección prácticamente en tiempo real.

Como punto de partida para el proceso de entrenamiento de los tres modelos, se estableció un repositorio de imágenes de entrenamiento, el cual fue conformado por varios Datasets para tener mayor número de imágenes. Así mismo, debido a que se utilizaron distintas herramientas para el entrenamiento de los modelos, el repositorio de imágenes consolidado tuvo que ser readecuado al formato requerido por dichas herramientas.

Se ha podido observar que es posible la personalización de distintos tipos de redes neuronales convolucionales, en el caso del presente trabajo se habrían entrenado a las redes YOLO, Faster R-CNN y SSD a reconocer cuando una persona está utilizando un barbijo y cuando no, esto demuestra que es posible enseñar a una red neuronal convolucional a detectar cualquier tipo de objeto, por lo que la utilidad que se les podría dar es prácticamente en cualquier área.

Debido a que en la actualidad existen varios tipos de redes neuronales convolucionales, cada una con distintas características que las hacen adecuadas para distintos tipos de problemas, va a depender de los objetivos que se quieran lograr para seleccionar una u otra, ya que, si por ejemplo se requiere tener certeza al momento de detectar un objeto en vez de rapidez, utilizar YOLO no sería una buena opción.

REFERENCIAS

- Bisong, E. (2019). Google Colaboratory. En Building Machine Learning and Deep Learning Models on Google Cloud Platform. Apress.
- Bochkovskiy, A. (2021). GitHub - AlexeyAB/darknet: YOLOv4 / Scaled-YOLOv4 / YOLO - Neural Networks for Object Detection (Windows and Linux version of Darknet). Recuperado el 27 de Marzo de 2021, de GitHub: <https://github.com/AlexeyAB/darknet>

- Bochkovskiy, A. (2021). Running a YOLOv4 Object Detector with Darknet in the Cloud! (GPU ENABLED). Recuperado el 27 de Marzo de 2021, de Google Colab: https://colab.research.google.com/drive/1_GdoqC-JWXsChrOiY8sZMr_zbr_fH-0Fg
- Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. arXiv:2004.10934.
- Girshick, R. (2015). Fast R-CNN. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, (págs. 1440-1448).
- Joshi, N. (2020). How to fine-tune your artificial intelligence algorithms. Recuperado el 20 de Abril de 2022, de Allerin: <https://www.allerin.com/blog/how-to-fine-tune-your-artificial-intelligence-algorithms>.
- Khandelwal, R. (2019). COCO and Pascal VOC data format for Object detection. Recuperado el 28 de Marzo de 2021, de Towards Data Science: <https://towardsdatascience.com/coco-data-format-for-object-detection-a4c5eaf518c5>
- Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C.-Y., & Berg, A. (2016). SSD: Single Shot MultiBox Detector. European Conference on Computer Vision, (pp. 21-37).
- Padilla, R., Netto, S. L., & da Silva, E. A. (2020). A Survey on Performance Metrics for Object-Detection Algorithms. International Conference on Systems Signals and Image Processing.
- Pan, S. J., Yang, Q. (2010). A Survey on Transfer Learning. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 22, (pp. 1345-1359), doi: 10.1109/TKDE.2009.191.
- Ponnusamy, A. (24 de Marzo de 2021). Preparing Custom Dataset for Training YOLO Object Detector. Obtenido de Vision Geek: <https://www.vision-geek.io/2019/10/preparing-custom-dataset-for-training-yolo-object-detector.html>
- Redmon, J. (2013-2016). Darknet: Open Source Neural Networks in C. Obtenido de <http://pjreddie.com/darknet/>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. IEEE.
- TensorFlow 2 Detection Model Zoo. (1 de Mayo de 2021). Obtenido de GitHub: https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object_detection/g3doc/tf2_detection_zoo.md
- TensorFlow. (1 de Mayo de 2021). Obtenido de www.tensorflow.org
- TensorFlow Object Detection API. (1 de Mayo de 2021). Obtenido de https://github.com/tensorflow/models/tree/master/research/object_detection

Fuentes de financiamiento: Esta investigación fue financiada con fondos del autor.

Declaración de conflicto de intereses: El autor declara que no tiene ningún conflicto de interés.

Derechos de autor (c) 2022 Giovanni German Rocha Vallejo





SEDE CENTRAL COCHABAMBA

Campus Universitario Tiquipaya
c. Guillermina Martínez s/n
Telf: (591 - 4) 4318800

Torre Académica América

Av. América N°165 entre Túpac Amaru y Av. Libertador Bolívar
Telf: (591 - 4) 4150300

Edif. Polifuncional Ayacucho

Av. Ayacucho N°256
Telf: (591 - 4) 4150200

SEDE ACADÉMICA LA PAZ

Campus Miraflores
Av. Argentina N° 2083 esq. Nicaragua
Telf: (591 - 2) 2246725/6/7

SEDE ACADÉMICA SUCRE

Campus Las Delicias
Pasaje Guillermina de Ruiz N° 1 (Zona Bajo Delicias)
Telf: (591 - 4) 6441664

SEDE ACADÉMICA TRINIDAD

Campus El Gran Paitití
Av. Reyes s/n
Telf: (591 - 3) 4621238

SEDE ACADÉMICA SANTA CRUZ

Campus Eco Smart
Av. Banzer - Séptimo anillo y Av. Juan Pablo II