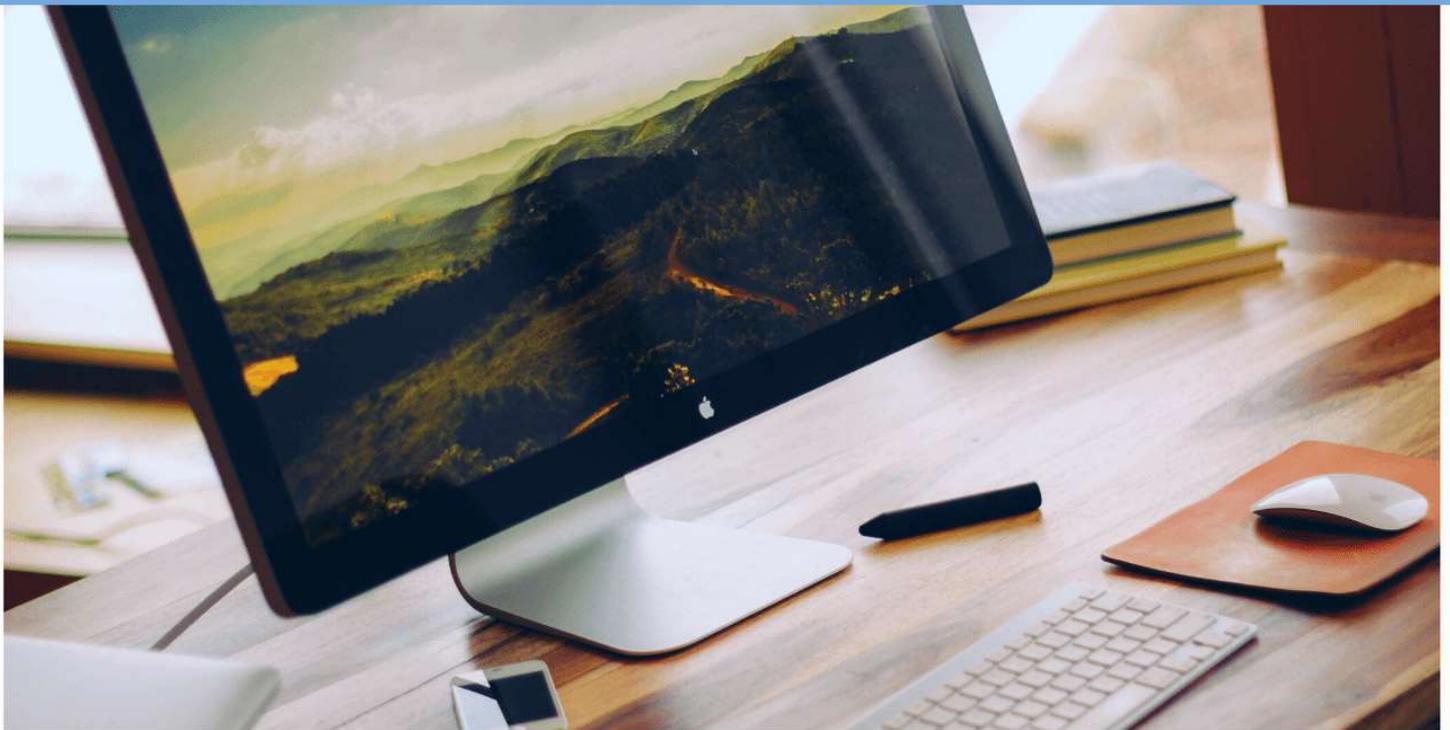




REVISTA INDEXADA

ISSN.:2602-8085



Julio - Septiembre 2021

Vol. 5 Núm. 3 (2021)

INNOVACIÓN



Ciencia Digital

La Revista CIENCIA DIGITAL, es una Revista multidisciplinaria, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico Tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad.



www.cienciadigital.org
www.cienciadigitaleditorial.com

REVISTA CIENCIA DIGITAL

La revista Conciencia Digital se presenta como un medio de divulgación científica, se publica en soporte electrónico trimestralmente, abarca temas de carácter multidisciplinar.

ISSN: 2602-8085 Versión Electrónica

Los aportes para la publicación están constituidos

por:Tipos de artículos científicos:

- **Estudios empíricos:** Auténticos, originales, que comprueban hipótesis, abordan vacíos del conocimiento.
- **Reseña o revisión:** evaluaciones críticas de estudios o investigaciones, análisis críticos, para aclarar un problema, sintetizar estudios, proponer soluciones.
- **Teóricos:** Literatura investigada, promueven avances de un teoría, analizan las teorías, comparan trabajos, confirma la validez y consistencia de investigaciones previas
- **Metodológico:** Presenta nuevos métodos, mejoran procedimientos, comparan métodos, detallan los procedimientos.
- **Estudio de casos:** Resultados finales de un estudio, resultados parciales de un estudio, campos de la salud, campos de la ciencia sociales.

EDITORIAL REVISTA CIENCIA DIGITAL



Efraín Velasteguí López¹

¹ **Efraín Velasteguí López:** Magister en Tecnología de la Información y Multimedia Educativa, Magister en Docencia y Currículo para la Educación Superior, Doctor (**PhD**) en Conciencia Pedagógicas por la Universidad de Matanza Camilo Cien Fuegos Cuba, cuenta con más de 60 publicaciones en revista indexadas en Latindex y Scopus, 21 ponencias a nivel nacional e internacional, 13 libros con ISBN, en multimedia educativa registrada en la cámara ecuatoriano del libro, una patente de la marca Ciencia Digital, Acreditación en la categorización de investigadores nacionales y extranjeros Registro REG-INV-18-02074, Director, editor de las revistas indexadas en Latindex Catalogo Ciencia digital, Conciencia digital, Visionario digital, Explorador digital, Anatomía digital y editorial Ciencia Digital registro editorial No 663. Cámara ecuatoriana del libro, Director de la Red de Investigación Ciencia Digital, emitido mediante Acuerdo Nro. SENESCYT-2018-040, con número de registro REG-RED-18-0063.

Contacto: Ciencia Digital, Jardín Ambateño, Ambato- Ecuador

Teléfono: 0998235485 – (032)-511262

Publicación:

w: www.cienciadigital.org

w: www.cienciadigitaleditorial.com

e: luisefrainvelastegui@cienciadigital.org

e: luisefrainvelastegui@hotmail.com

Director General

DrC. Efraín Velastegui López. PhD.

**“Investigar es ver lo que todo el mundo ha
visto, y pensar lo que nadie más ha
pensado”.**

Albert Szent-Györgyi



PRÓLOGO

El desarrollo educativo en Ecuador, alcanza la vanguardia mundial, procurandomantenerse actualizada y formar parte activa del avance de la conciencia y la tecnología con la finalidad de que nuestro país alcance los estándares internacionales , ha llevado a quienes hacemos educación, a mejora y capacitarnoscontinuamente permitiendo ser conscientes de nuestra realidad social como demandante de un cambio en la educación ecuatoriana, de manera profunda, ir a las raíces, para así poder acceder a la transformación de nuestra ideología para convertirnos en forjadoresde personalidades que puedan dar solución a los problemas actuales, con optimismo y creatividad de buscar un futuro mejor para nuestras educación; por ello, docentes y directivos tenemos el compromiso de realizar nuestra tarea con seriedad, respeto y en un contexto de profesionalización del proceso pedagógico

DrC. Efraín Velasteguí López. PhD.¹

EDITORIAL REVISTA CIENCIA DIGITAL

Vol. 5 Núm. 2. (2021): Deporte y Recreación

1	Análisis relativo para identificar las causas de retrasos en las obras de construcción. Caso de estudio Cuenca-Ecuador Erick Holmes Pazmiño Rodríguez, Carlos Julio Calle Castro	6-15
2	Importancia del trabajo pliométrico en la prevención de lesiones en jugadores de fútbol sala William Giovanni Arias Granizo	16-45
3	Vulnerabilidad física y exposición ante la amenaza de movimientos en masa del Sistema de Agua Potable Culebrillas de la Ciudad de Cuenca Gladys Marcela Moscoso Vintimlla, José Abelardo Paucar Camacho, José Luis Solano Peláez	46-66
4	Evaluación de estrategias bioclimáticas pasivas para una vivienda de interés social ubicada en el cantón Morona en prospectiva a 50 años. Carla Cristina Mora Pesantez, Doris Alexandra Alvear Calle	67-80
5	Estrategias para diseño de vivienda social en Cuenca – Ecuador, mediante un análisis cuantitativo de patrones sociales, económicos, habitacionales y constructivos Álvaro Toledo Toledo, Jorge F. Toledo Toledo, Marco Avila Calle	81-99
6	Búsqueda de lo problemático en la enseñanza de la Física en la carrera de Técnico Superior de Biofísica Médica Alexander Torres Hernández, Juan Jesús Mondéjar Rodríguez	100-108
7	Influencia de un carenado superior en la fuerza de arrastre de un camión David Paul Pachacama Gualotuña, Darwin Anderson Pachacama Gualotuña, Claudio Constante Córdova Orellana, Fredy Rafael Llulluna Llumiquire	109-126
8	Evolución de los sistemas de juego en el fútbol: Una revisión sistemática Frank Gabriel Tapia Jara	127-148

9	<u>Aplicación de la Ecuación del Balance Térmico para determinar el confort higrotérmico en la vivienda unifamiliar en el cantón Girón.</u>	149-164
	Cristián Raúl Guzmán Clavijo, Doris Alexandra Alvear Calle	

Análisis relativo para identificar las causas de retrasos en las obras de construcción. Caso de estudio Cuenca-Ecuador



*Relative analysis to identify the causes of delays in construction works.
Cuenca-Ecuador case study*

Erick Holmes Pazmiño Rodríguez.¹ & Carlos Julio Calle Castro.²

Recibido: 10-02-2021 / Revisado: 23-02-2021 / Aceptado: 08-03-2021 / Publicado: 05-04-2021

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1572>

Introduction. The delay in construction works is one of the biggest problems that affect this industry, giving rise to cost overruns and exceeding initial estimates of time with direct repercussions on the schedules, which can lead to more serious problems such as disputes, legal actions and abandonment of the draft. **Objective.** Determine the potential factors that cause construction delays during the project execution stages and provide actionable recommendations as a tool to minimize repercussions and optimize time and resources. **Methodology.** The technique used in this study was convenience or snowball sampling, which belongs to the class of non-probabilistic sampling techniques, the sample elements are identified for convenience and through reference networks. A questionnaire was developed to assess contractors' perceptions of the relative importance of causes of delay in the construction industry and the most important delay factors were determined using the Relative Importance Index (RII) method. **Results.** The result determines that

¹ Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Arquitectura, Cuenca, Ecuador, erick.pazmino.00@est.ucacue.edu.ec, ID de ORCID: 0000-0001-7111-9779

² Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Arquitectura, Cuenca, Ecuador, cjcallec@ucacue.edu.ec, ID de ORCID: 0000-0002-6891-0030

incorrect planning, financing and payments for finished work by the client, lack of communication between the parties, inadequate experience of the contractor and slow decision-making on the part of the owners, are among the first important causes of delays.

Conclusion. By clearly identifying the factors that cause delays in projects, the corresponding recommendations are obtained to reduce the impacts that these generate and so that professionals in the branch can better understand the dynamics of project management in construction.

Keywords: Delay causes; Construction in Cuenca; Construction management; cause analysis.

Resumen.

Introducción. El retraso en las obras de construcción es uno de los mayores problemas que afectan a esta industria, dando lugar a sobrecostos y excediendo estimaciones iniciales de tiempo con repercusión directa a los cronogramas, pudiendo llegar a problemas más graves como disputas, acciones legales y abandono del proyecto.

Objetivo. Determinar los factores potenciales que ocasionan retrasos en la construcción durante las etapas de ejecución del proyecto y proporcionar recomendaciones factibles como herramienta para minimizar repercusiones y optimizar tiempo y recursos.

Metodología. La técnica empleada en este estudio fue el muestreo por conveniencia o bola de nieve que pertenece a la clase de técnicas de muestreo no probabilístico, los elementos de muestra se identifican por conveniencia y mediante redes de referencia. Se elaboró un cuestionario para evaluar las percepciones de los contratistas sobre la importancia relativa de las causas del retraso en la industria de la construcción y se determinaron los factores más importantes de retrasos empleando el método del Índice de

Importancia Relativa (RII). **Resultados.** El resultado determina que la planificación incorrecta, el financiamiento y pagos de obra terminada de parte del cliente, falta de comunicación entre las partes, experiencia inadecuada del contratista y toma de decisiones lenta por parte de los propietarios, se encuentran entre las primeras causas importantes de los retrasos. **Conclusión.** Al identificar claramente los factores que ocasionan los retrasos en los proyectos se obtienen las recomendaciones correspondientes para reducir los impactos que estas generan y para que los profesionales de la rama puedan comprender de mejor manera la dinámica de la gestión de proyectos en la construcción.

Palabras claves: Causas de retraso; Construcción en Cuenca; Gestión de la construcción; Análisis de causas

Introducción.

Los proyectos de construcción suelen experimentar retrasos ocasionando pérdida de tiempo y recursos, siendo este uno de los principales problemas para un proceso

sustentable de un país en vías de desarrollo. En la industria de la construcción existen factores que ocasiona retrasos en los cronogramas, lo cual constituye un problema al generar ampliación de tiempo y sobrecostos en el proyecto. Por lo tanto, esta investigación se centra en la indagación de las diferentes causas que ocasionan retrasos en las obras de construcción, con el fin de proporcionar recomendaciones que pueda garantizar la disminución de los elementos que generan retrasos y poder mantener un correcto desarrollo de la obra.

El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en octubre de 2020 difunde los resultados de la Encuesta Nacional de Edificaciones (ENED), correspondientes al período 2019. A través de los resultados de la ENED se puede caracterizar y medir el comportamiento del sector de la construcción y del mercado inmobiliario. Así para el año 2019, el número de edificaciones estimado a nivel nacional fue de 33.314, un 6,5% menos en relación al año 2018.

El número de viviendas proyectadas fue de 47.291 unidades habitacionales; la superficie total de terrenos prevista para levantar las edificaciones fue de 14.0 millones de metros cuadrados, mientras que el área total de construcción registró 8.6 millones de metros cuadrados aproximadamente. De las potenciales edificaciones, el 89,6% corresponde a nuevas construcciones, en mayor medida con una finalidad residencial. (Ramos, 2020)

En los contratos de construcción, una sección muy importante es el periodo de ejecución o el tiempo de ejecución del proyecto establecido antes de la licitación. La ejecución exitosa de las obras de construcción y poder mantenerlos dentro de los costos y cronogramas dependen de esfuerzos complejos y apoyo de la profesión de diseño y construcción. (Al-Momani, 2000)

Para disgusto de los propietarios, contratistas y consultores, muchos proyectos experimentan grandes retrasos y, por lo tanto, exceden las estimaciones iniciales de tiempo y costo. Este problema es más evidente en el tipo de contratos tradicionales en los que el contrato se adjudica al mejor postor, estrategia de adjudicación de la mayoría de proyectos públicos en países en desarrollo. (Odeh & Battaineh, 2002)

En la construcción, la demora podría definirse como el tiempo transcurrido más allá de la fecha de finalización especificada en un contrato, o más allá de la fecha que las partes acordaron para la entrega de un proyecto. Es un proyecto que se desarrolla sobre su cronograma planificado y se considera un problema común en los proyectos de construcción. Para el propietario, la demora significa pérdida de ingresos debido a la falta de instalaciones de producción y espacio alquilable o la dependencia de las instalaciones actuales. En algunos casos, para el contratista, la demora significa costos generales más

altos debido a un período de trabajo más largo, costos de materiales más altos debido a la inflación y debido al aumento de los costos laborales. (Assaf & Al-Hejji, 2006)

Los retrasos en los proyectos de construcción dan lugar a la insatisfacción de todas partes involucradas y la función principal del director de proyectos es asegurarse de que los proyectos se completen dentro del tiempo y costo presupuestado. En Malasia, un país en desarrollo no ha escapado al problema de los retrasos. (Sambasivan & Soon, 2007)

La demora se puede definir como un retraso o una ampliación del tiempo para completar el proyecto, El retraso en la construcción es algo que no se puede evitar, especialmente en las agencias gubernamentales de Malasia, el retraso es una situación en la que el progreso real de un proyecto de construcción es más lento que el planificado o la finalización tardía de los proyectos. (Hamzah et al., 2011)

Los retrasos en la finalización de los proyectos de construcción son uno de los problemas más comunes de la industria de la construcción, y tiene un efecto perjudicial en todas las líneas de triple fondo de sostenibilidad (es decir, social, ambiental y financiera). (Tafazzoli & Shrestha, 2017)

La mayoría de proyectos de infraestructura en Jordania se caracterizan por un exceso de tiempos y costo, por lo tanto es importante estudiar estos factores de sobrecostos y evitarlo para obtener los máximos beneficios y retornos del proyecto de construcción de infraestructura. (Al-Hazim et al., 2017)

La ocurrencia de un retraso en los proyectos de construcción es común y afecta significativamente, mediante el uso de un cuestionario con 52 causas en encuestas reveló como resultado que las principales causas de retraso en el proyecto de construcción de Etiopía, en importancia es: la corrupción, falta de disponibilidad de servicios públicos en el sitio, inflación o aumentos de precios en los materiales, falta de materiales de calidad, diseño tardío y documentos de diseño, entrega lenta de materiales, aprobación y recepción tardía del trabajo del proyecto completo, gestión y rendimiento deficientes del sitio, presupuesto y fondos de publicación tardía y planificación y programación ineficaces del proyecto. (Gebrehiwet & Luo, 2017)

En realidad, el retraso en los cronogramas de construcción es el resultado de una cadena o secuencia de eventos. Cualquier evento de retraso no deseado debe ser desencadenado por eventos intermedios y estos a su vez son causados por eventos primarios que deben ser identificados, entendidos y culpados. Por lo tanto, todos los factores de retraso en un proyecto de construcción están conectados no solo cronológicamente sino también lógicamente. Esto se debe a que todos los interesados en un proyecto de construcción interactúan dinámicamente entre sí durante todo el período de ejecución. Por lo tanto,

para revelar de manera efectiva las causas primarias de retraso, se debe implementar un nuevo paradigma. (Hsu et al., 2017)

Rudeli, N. Viles, E. González, J. Santilli, A, recopilaron 1057 causas de retrasos de proyectos de construcción enumeradas por 47 autores diferentes que realizan análisis cuantitativos. Estas causas han conformado una base de datos que fue analizada estadísticamente. Esta variabilidad hace imposible deducir una causa principal o familias de causas principales de retrasos, pero un análisis preliminar de las familias indica que el principal problema radica en la ejecución de los proyectos, seguido por problemas con la mano de obra, problemas con diseño y administrativos/financieros. Igualmente, del trabajo realizado se evidencia la necesidad de llevar a cabo un estudio más profundo dentro de las familias enumeradas, buscando nuevos métodos cuantitativos de análisis para determinar familias o causas principales, pero con una mirada cualitativa de los resultados obtenidos. (Rudeli et al., 2018)

En otro estudio se diseñó un marco de procesamiento sistemático para analizar los factores de las demoras de los proyectos de construcción en Egipto. Y dentro de los principales resultados tenemos tres factores de retraso: la lentitud en la toma de decisiones, las órdenes de variación / cambio de alcance durante la construcción y el retraso en los pagos por parte del propietario. (Elhusseiny et al., 2020)

Metodología.

El método que se adoptó para este estudio y poder determinar la importancia relativa de las diversas causas de los retrasos es el mismo empleado por Kometa y col. (Kometa et al., 2017) y por Sambasivan y col. (Sambasivan & Soon, 2007) que es el método del Índice de Importancia Relativa (RII), la escala de cinco puntos varía de 1 no importante a 5 muy importante y se aplica el RII a cada factor con la siguiente fórmula:

$$RII = \frac{\sum W}{A * N}$$

Donde:

W: es la ponderación dada a cada factor dada por los encuestados, que va de 1 a 5.

A: es el peso más alto, es decir, 5 en este caso y

N: es el número total de encuestados.

El valor de RII tuvo un rango de 0 a 1, cuanto mayor era el valor de RII, más importante era la causa de los retrasos. Se determinó el promedio ponderado de cada ítem y se

asignaron rangos (R) a cada factor que representa la percepción en importancia de los encuestados.

La técnica empleada en este estudio fue el muestreo por conveniencia o bola de nieve, Este muestreo pertenece a la clase de técnicas de muestreo no probabilístico, como su nombre lo indica, los elementos de muestra se identifican por conveniencia y mediante redes de referencia. Se elaboró un cuestionario para evaluar las percepciones de los contratistas sobre la importancia relativa de las causas del retraso en la industria de la construcción, el cuestionario se dividió en dos partes, la primera parte del cuestionario se centró en las causas del retraso en la construcción. Se pidió a los encuestados que indicaran su categoría de respuesta en 28 factores de demora de construcción bien reconocidos e identificados por Odeh, A. M. Battaineh, H. T. y por Sambasivan, Murali. Soon, Yau Wen, se adoptó un rango de 1 no importante a 5 muy importante para captar la importancia de las causas. Estos 28 factores se clasificaron en ocho categorías principales:

1. Factores relacionados con el cliente: Financiamiento y pagos de obra terminada de parte del cliente, interferencia del propietario, toma de decisiones lenta por parte de los propietarios, Duración del contrato impuesto por los propietarios poco realista.
2. Factores relacionados con el contratista: Demoras causadas por el subcontratista, gestión deficiente del sitio, métodos de construcción inadecuados, planificación incorrecta, errores durante la construcción, experiencia inadecuada del contratista.
3. Factores relacionados con el consultor: gestión de contratos, preparación y aprobación de planos, garantía y control de calidad, tiempo de espera para la aprobación de estudios e inspecciones.
4. Factores relacionados con el material: calidad del material, escasez de material
5. Factores relacionados con la mano de obra y equipo: oferta de mano de obra, productividad laboral, disponibilidad y falla del equipo.
6. Factores relacionados con el contrato: cambio de órdenes, errores o discrepancia en los documentos contractuales.
7. Factores relacionados con la relación contractual: disputas y negociaciones importantes, estructura organizativa general inapropiada que vincula a todas las partes del proyecto, falta de comunicación entre las partes.
8. Factores externos: condición climática, cambios regulatorios y código de construcción, problemas con los vecinos, condiciones imprevistas del terreno.

Al final del cuestionario se pidió a los encuestados con una pregunta abierta escriba una recomendación para mejorar el desempeño en la construcción. Datos que serán considerados para las recomendaciones finales.

Muestra:

El tamaño de la población, o sea N, se estableció en 186 profesionales con una experiencia mínima de tres años en la rama de la construcción con un porcentaje de error $e= 5$ y un nivel de confianza $k= 1.15$, resulta en $n= 78$ profesionales a los que se realizó la encuesta, la misma que fue distribuida de manera digital. El tamaño de la muestra, es decir el número de encuestas que se realizó, se obtuvo de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N-1)) + k^2 * p * q}$$

Donde:

n: es el tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer).

N: es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).

k: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos.

K	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2,00	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

e: es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella.

p: es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.

q: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.

Resultados.

Las causas se clasificaron según los valores del Índice de Importancia Relativa RII. A partir de la clasificación asignada a cada causa de retraso se puede identificar los factores o causas más importantes de retrasos en la industria de la construcción de la Ciudad de Cuenca, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de las causas

Causas de retrasos	Porcentaje de respuestas de los encuestados					RII	Rango
	1	2	3	4	5		
Factores relacionados con el cliente:							
Financiamiento y pagos de obra terminada de parte del cliente	1.28	5.13	21.79	29.49	42.31	0.813	2
Interferencia del propietario	3.85	8.97	34.62	38.46	14.10	0.700	16
Toma de decisiones lenta por parte de los propietarios	1.28	8.97	25.64	34.62	29.49	0.764	6
Duración del contrato impuesto por los propietarios poco realista	5.13	8.97	35.90	25.64	24.36	0.710	15
Factores relacionados con el contratista:							
Demoras causadas por el subcontratista	1.28	10.26	28.21	35.90	24.36	0.744	8
Gestión deficiente del sitio	6.41	28.21	37.18	14.10	14.10	0.603	25
Métodos de construcción inadecuados	2.56	10.26	32.05	33.33	21.79	0.723	12
Planificación incorrecta	0.00	7.69	8.97	26.92	56.41	0.864	1
Errores durante la construcción	0.00	11.54	19.23	35.90	33.33	0.782	3
Experiencia inadecuada del contratista	1.28	11.54	20.51	35.90	30.77	0.767	5
Factores relacionados con el consultor							
Gestión de contratos	2.56	15.38	42.31	24.36	15.38	0.669	20
Preparación y aprobación de planos	5.13	14.10	20.51	30.77	29.49	0.731	11
Garantía y control de calidad	2.56	17.95	24.36	37.18	17.95	0.700	17
Tiempo de espera para la aprobación de estudios e inspecciones	5.13	12.82	21.79	29.49	30.77	0.736	10
Factores relacionados con el material							
Calidad del material	8.97	19.23	25.64	24.36	21.79	0.662	22
Escasez de material	10.26	19.23	28.21	24.36	17.95	0.641	24
Factores relacionados con la mano de obra y equipo							
Oferta de mano de obra	12.82	19.23	35.90	20.51	11.54	0.597	26
Productividad laboral	3.85	10.26	23.08	38.46	24.36	0.738	9
Disponibilidad y falla del equipo	5.13	12.82	42.31	20.51	19.23	0.672	19
Factores relacionados con el contrato							
Cambio de órdenes	0.00	11.54	30.77	30.77	26.92	0.746	7
Errores o discrepancia en los documentos contractuales	0.00	11.54	38.46	29.49	20.51	0.718	13
Factores relacionados con la relación contractual							

Disputas y negociaciones importantes	6.41	7.69	38.46	28.21	19.23	0.692	18
Estructura organizativa general inapropiada que vincula a todas las partes del proyecto	2.56	10.26	32.05	38.46	16.67	0.713	14
Falta de comunicación entre las partes	2.56	5.13	25.64	34.62	32.05	0.777	4
Factores externos							
Condición climática	5.13	15.38	39.74	24.36	15.38	0.659	23
Cambios regulatorios y código de construcción	8.97	21.79	47.44	15.38	6.41	0.577	27
Problemas con los vecinos	14.10	20.51	38.46	17.95	8.97	0.574	28
Condiciones imprevistas del terreno	5.13	12.82	39.74	28.21	14.10	0.667	21

Fuente: Elaboración propia.

Las diez causas más importantes de retrasos según los encuestados y como se muestra en la Tabla 2 son: (1) Planificación incorrecta por el contratista (RII=0.864), (2) Financiamiento y pagos de obra terminada de parte del cliente (RII=0.813), (3) Errores durante la construcción por el contratista (RII=0.782), (4) Falta de comunicación entre las partes (RII=0.777), (5) Experiencia inadecuada del contratista (RII=0.767), (6) Toma de decisiones lenta por parte de los propietarios (RII=0.764), (7) Cambio de órdenes (RII=0.746), (8) Demoras causadas por el subcontratista (RII=0.744), (9) Baja productividad laboral (RII=0.738), (10) Tiempo de espera para la aprobación de estudios e inspecciones (RII=0.736).

Tabla 2
Clasificación de las diez causas más importantes

Causas de retrasos	Porcentaje de respuestas de los encuestados					RII	Rango
	1	2	3	4	5		
Planificación incorrecta	0.00	7.69	8.97	26.92	56.41	0.864	1
Financiamiento y pagos de obra terminada de parte del cliente	1.28	5.13	21.79	29.49	42.31	0.813	2
Errores durante la construcción	0.00	11.54	19.23	35.90	33.33	0.782	3
Falta de comunicación entre las partes	2.56	5.13	25.64	34.62	32.05	0.777	4
Experiencia inadecuada del contratista	1.28	11.54	20.51	35.90	30.77	0.767	5
Toma de decisiones lenta por parte de los propietarios	1.28	8.97	25.64	34.62	29.49	0.764	6
Cambio de órdenes	0.00	11.54	30.77	30.77	26.92	0.746	7
Demoras causadas por el subcontratista	1.28	10.26	28.21	35.90	24.36	0.744	8
Productividad laboral	3.85	10.26	23.08	38.46	24.36	0.738	9
Tiempo de espera para la aprobación de estudios e inspecciones	5.13	12.82	21.79	29.49	30.77	0.736	10

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detalla las diez causas más importantes:

1. Planificación incorrecta por el contratista

Lo más importante al desarrollar proyectos de construcción es hacer una correcta y detallada planificación. Es imperativo planificar los plazos, las tareas, y los recursos que se disponen para llevar a cabo una gestión efectiva. De lo contrario, puede correr peligro llegar al objetivo. Un proyecto bien estructurarlo y planificado puede ejecutarse correctamente y terminar con éxito.

2. Financiamiento y pagos de obra terminada de parte del cliente

Cuando se planifica una obra de construcción generalmente se hace un cronograma de flujo, y se pacta con el cliente pagos por avance de obra, el progreso del trabajo puede verse afectado por pagos atrasados de los clientes, siendo a veces los contratistas quienes costean los gastos de la construcción siempre y cuando estos dispongan de los recursos.

3. Errores durante la construcción por el contratista

La supervisión tiene un papel importante en la correcta ejecución de una obra. Por ello, es necesario y obligatorio disponer de profesionales adecuados para realizar una buena supervisión. Realizar un cronograma, correcto requerimiento de materiales, seguimiento de cada etapa constructiva y una valorización de la misma. De esa manera la obra se ejecutará de manera correcta y con criterio, con el fin de evitar errores y consiguientes disputas sobre quien tiene responsabilidad y quien asume esos costos.

4. Falta de comunicación entre las partes

Cuando existen muchas partes involucradas en un proyecto puede ocasionar una mala gestión de la comunicación, se generan situaciones y conflictos que dañan, la productividad, la eficiencia y el ambiente laboral. No resolver a tiempo estos problemas puede provocar graves malentendidos y, por lo tanto, retrasos en la ejecución del proyecto.

5. Experiencia inadecuada del contratista

Un contratista con experiencia limitada o inadecuada no puede planificar y gestionar los proyectos de forma apropiada y esto puede crear consecuencias desfavorables para el normal desarrollo de una obra de construcción ocasionado retrasos en la ejecución del proyecto.

6. Toma de decisiones lenta por parte de los propietarios

En toda obra de construcción existe el propietario o cliente que debe tomar dediciones varias en la marcha del proceso constructivo, esta toma de decisiones lenta de parte de los propietarios ocasiona retrasos en el progreso general del trabajo.

7. Cambio de órdenes

Estas órdenes ocasionan un incremento del costo y tiempo de ejecución de la obra, reducen la productividad y dañan las relaciones entre el personal implicado en la

ejecución de las obras de construcción, por lo se debe considerar y verificar que estos cambios correspondan a las necesidades del proyecto, sean apropiados y cuenten con la autorización debida.

8. Demoras causadas por el subcontratista

Un proyecto puede retrasarse si el subcontratista no se desempeña correctamente debido a inexperiencia o incapacidad para manejar el trabajo, generalmente existe un alto grado de subcontratistas cuando una obra es grande y, por lo tanto, un alto riesgo de retrasos en la construcción.

9. Baja productividad laboral

Se presenta cuando el personal para desarrollar las actividades es poco capacitado o carecen de conocimiento para desarrollarla y el desempeño para realizarla no es el más óptimo, el trabajo se retrasa de manera considerable por parte del trabajador. Afecta también cuando la calidad y mal estado de la herramienta y equipo empleado no se encuentran en buen estado, a veces contratistas no dotan los obreros de manera adecuada con este recurso.

10. Tiempo de espera para la aprobación de estudios e inspecciones

Generalmente en la etapa de planificación hasta el inicio de la construcción se debe solicitar aprobaciones de anteproyectos, proyectos, estudios complementarios de ingenierías, por lo que el consultor se encuentra a disposición de las entidades respectivas que aprueban o realizan inspecciones, siendo estas en muchas ocasiones las que se toman un tiempo importante en aprobar los estudios y provocan un retraso importante en la ejecución de un proyecto.

Conclusiones.

- Se investigó las causas de los retrasos que enfrenta la industria de la construcción en la ciudad de Cuenca-Ecuador, se elaboró un cuestionario para profesionales arquitecto e ingenieros con una experiencia mínima de tres años en la rama con proyectos de construcción y fue distribuida de manera digital. Se identificaron los principales factores : (1) Planificación incorrecta por el contratista, (2) Financiamiento y pagos de obra terminada de parte del cliente, (3) Errores durante la construcción por el contratista, (4) Falta de comunicación entre las partes, (5) Experiencia inadecuada del contratista, (6) Toma de decisiones lenta por parte de los propietarios, (7) Cambio de órdenes, (8) Demoras causadas por el subcontratista, (9) Baja productividad laboral, (10) Tiempo de espera para la aprobación de estudios e inspecciones.
- Como resultado del estudio se determinan las siguientes recomendaciones:

- El contratista debe presentar un programa de trabajo, la planificación correcta en las fases iniciales de un proyecto se mantiene al largo de este y evita retrasos en sus etapas de ejecución. (2) Los clientes o propietarios deben contar con la suficiente solvencia económica para cubrir a tiempo los pagos a los contratistas. (3) Es obligatorio disponer de profesionales adecuados y capacitados para realizar una buena supervisión. y seguimiento de cada etapa constructiva y evitar errores durante la construcción. (4) La comunicación entre los involucrados de un proyecto es de suma importancia, esta debe ser por canales adecuados, clara y oportuna durante todo el proceso constructivo. (5) Al momento de seleccionar contratistas este debe tener amplia experiencia, capacidad técnica, financiera y mano de obra calificada para ejecutar la obra. (6) Los clientes o propietarios deben tomar decisiones rápidas para resolver cualquier inconveniente que surja durante la ejecución del proyecto. Siempre que exista un cambio de ordenes se analizara cuanto es el tiempo adicional que requerirá el cambio y si afecta la planificación de la obra de construcción pudiendo aumentar el lapso de terminación acordado. (7) De alargarse el tiempo se deben incluir costos de actualización y procurará realizarlo lo más breve posible para evitar retrasos mayores. (8) Al momento de subcontratar se debe ser elegir a expertos en la materia con la suficiente experiencia, capacidad y mano de obra para manejar el trabajo a realizar, no hacer una selección basándose únicamente en revisar la oferta más baja. (9) Al momento de contratar personal, este debe ser calificado y tener conocimientos básicos para desarrollar la tarea encomendada, las herramientas y equipos deben encontrarse en perfectas condiciones, con el fin de obtener mayores rendimientos y evitar accidentes. (10) Es importante siempre una revisión adecuado de los estudios de parte del consultor antes de ingresarlos a las entidades pertinentes para su revisión, para evitar observaciones y devoluciones de los mismos, se recomienda además siempre designar una persona para monitoreo y seguimiento de las aprobaciones.
- El resultado de este estudio es de mucha utilidad para todos los actores en la industria de la construcción. Los profesionales pueden entender mejor la dinámica de la gestión de proyectos y poder reducir la incidencia que ocasiona los retrasos en las obras y poder desarrollar de mejor manera los proyectos para obtener los máximos beneficios.

Agradecimientos

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradezco a todos y cada uno de los instructores por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Referencias bibliográficas.

- Al-Hazim, N., Salem, Z. A., & Ahmad, H. (2017). Delay and Cost Overrun in Infrastructure Projects in Jordan. *Procedia Engineering*, 182, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.105>
- Al-Momani, A. H. (2000). Construction delay: A quantitative analysis. *International Journal of Project Management*, 18(1), 51–59. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00060-X](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00060-X)
- Assaf, S. A., & Al-Hejji, S. (2006). Causes of delay in large construction projects. *International Journal of Project Management*, 24(4), 349–357. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.11.010>
- Elhousseiny, H. O., Nosair, I., & Ezeldin, A. S. (2020). Systematic processing framework for analyzing the factors of construction projects ' delays in Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, xxxx.
- Gebrehiwet, T., & Luo, H. (2017). Analysis of Delay Impact on Construction Project Based on RII and Correlation Coefficient: Empirical Study. *Procedia Engineering*, 196(June), 366–374. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.212>
- Hamzah, N., Khoiry, M. A., Arshad, I., Tawil, N. M., & Che Ani, A. I. (2011). Cause of construction delay - Theoretical framework. *Procedia Engineering*, 20(Kpkt 2010), 490–495. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.192>
- Hsu, P.-Y., Aurisicchio, M., & Angeloudis, P. (2017). ScienceDirect CENTERIS - International Conference on ENTERprise Information Systems / ProjMAN - Investigating Schedule Deviation in Construction Projects through Root Cause Analysis. *CENTERIS - International Conference on ENTERprise Information Systems / ProjMAN - International Conference on Project MANagement / HCist - International Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies.*, 00.
- Kometa, S. T., Olomolaiye, P. O., Harris, F. C., Kometa, S. T., Olomolaiye, P. O., & Harris, F. C. (2017). Attributes of UK construction clients influencing project consultants ' performance Attributes of UK construction clients influencing project consultants? performance. *Construction Management and Economics ISSN:*, 6193(November). <https://doi.org/10.1080/014461994000000053>
- Odeh, A. M., & Battaineh, H. T. (2002). Causes of construction delay: Traditional contracts. *International Journal of Project Management*, 20(1), 67–73. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(00\)00037-5](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(00)00037-5)
- Ramos, L. (2020). Dirección / Departamento Unidad Elaborado por : Revisado por : Aprobado por : Contacto : *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)*, 01-2020 EN(Encuesta Nacional de Edificaciones (ENED)), 1–9.
- Rudeli, N., Viles, E., González, J., & Santilli, A. (2018). Causas de Retrasos en Proyectos de Construcción: Un análisis cualitativo. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*, 16, 71–84.

http://www.um.edu.uy/docs/Causas_de_Retrasos_en_Proyectos_de_Construccion_Un_analisis_cualitativo.pdf

Sambasivan, M., & Soon, Y. W. (2007). Causes and effects of delays in Malaysian construction industry. *International Journal of Project Management*, 25(5), 517–526. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.11.007>

Tafazzoli, M., & Shrestha, P. (2017). Factor analysis of construction delays in the U.S. construction industry. *International Conference on Sustainable Infrastructure 2017: Methodology - Proceedings of the International Conference on Sustainable Infrastructure 2017*, 111–122. <https://doi.org/10.1061/9780784481196.011>

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Pazmiño Rodríguez, E. H., & Calle Castro, C. J. (2021). Análisis relativo para identificar las causas de retrasos en las obras de construcción. Caso de estudio Cuenca-Ecuador. *Ciencia Digital*, 5(2), 6-15. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1572>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Importancia del trabajo pliométrico en la prevención de lesiones en jugadores de fútbol sala.



Importance of plyometric work in the prevention of injuries in futsal players.

William Giovanni Arias Granizo. ¹

Recibido: 11-02-2021 / Revisado: 23-02-2021 / Aceptado: 09-03-2021 / Publicado: 05-04-2021

Abstract

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1531>

Introduction. Preventing injuries in athletes and lowering the costs produced by them, continues to be a great concern for all participants in the field of sports training. The aforementioned is also a priority within futsal; The very characteristics of this sport make its players prone to frequent injuries. In this sense, the theoretical-practical experiences have revealed the importance of plyometric exercises not only to improve the physical performance of athletes, but also to prevent injuries. **Objective.** Systematize the theoretical - methodological elements on the importance of plyometric work for the prevention of injuries in futsal players. **Methodology.** The research followed a descriptive, non-experimental methodology, with the use of theoretical methods and the RSL (Systematic Literature Review); All of this allowed us to carry out a bibliographic search in notable databases. **Results.** A total of 42 sources were consulted, in a range between 2010 and 2020, of which, according to inclusion criteria, 15 were considered potentially relevant. Derived from the above, 3 fundamental criteria are established: the importance of plyometric work in the prevention of injuries in futsal; the existing limitations in the Ecuadorian context on research related to this topic; the need to develop training processes to favor the introduction of this effective alternative within futsal training. **Conclusions.** It is concluded that indeed, the literature consulted confirms the importance of plyometric work for the prevention of injuries, its use being very beneficial in the case of futsal, if it must be meant that to optimize its use it is necessary to have a

¹ Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, wgarias@uce.edu.ec, ID de ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3621-440>

coaching staff and players preparations that can introduce plyometric work to prevent injuries that may arise as part of training or competition.

Keywords: Polymetric work, injury prevention, futsal.

Resumen

Introducción. Evitar las lesiones en los deportistas y bajar los costos producidos por estas, sigue constituyendo una gran preocupación para todos los participantes en el campo del entrenamiento deportivo. Lo señalado también es prioritario dentro del futsal; las propias características de este deporte, hacen que sus jugadores sean proclives a frecuentes lesiones. En este sentido las experiencias teóricas-prácticas han develado la importancia de los ejercicios pliométricos no sólo para mejorar el rendimiento físico de los deportistas, sino también para prevenir lesiones. **Objetivo.** Sistematizar los elementos teóricos - metodológicos sobre la importancia del trabajo pliométrico para la prevención de lesiones en jugadores de futsal. **Metodología.** La investigación siguió una metodología descriptiva, no experimental, con la utilización de métodos teóricos y la RSL (Revisión Sistemática de Literatura); todo ello permitió realizar una indagación bibliográfica en bases de datos notables. **Resultados.** Se logró consultar un total de 42 fuentes, en un rango comprendido entre el 2010 y el 2020, de las cuales, según criterios de inclusión, 15 fueron consideradas potencialmente relevantes. Derivado de lo anterior se establecen 3 criterios fundamentales: la importancia del trabajo pliométrico en la prevención de lesiones en el futsal; las limitaciones existentes en el contexto ecuatoriano sobre investigaciones relacionadas con este tema; la necesidad de desarrollar procesos de capacitación para favorecer la introducción de esta eficaz alternativa dentro del entrenamiento del futsal. **Conclusiones.** Se concluye que efectivamente, la literatura consultada confirma la importancia del trabajo pliométrico para la prevención de lesiones, resultando muy beneficioso su utilización en el caso del futsal, si se debe significar que para optimizar su empleo se requiere contar con un cuerpo técnico y con jugadores preparados que puedan introducir el trabajo pliométrico para prevenir las lesiones que puedan presentarse como parte del entrenamiento o la competición.

Palabras claves: Trabajo polimétrico, prevención de lesiones, fútbol sala.

Introducción

El fútbol sala (futsal) en los últimos años ha alcanzado un importante crecimiento, desarrollo y sobre todo una masiva práctica a nivel mundial, tanto es así que ya son más de 12 millones de jugadores en alrededor de 100 países que lo practican (Beato et al., 2017). Solo en España existen más de cien mil jugadores federados y es considerado uno de los deportes más populares (Ayarra et al., 2018).

Según López, Vivo, Herrero & Pareja (2019), es considerado un deporte colectivo, requiriendo de grandes habilidades técnico tácticas y físicas; similares o más llamativas que el fútbol convencional, debido a que las acciones se desarrollan a gran intensidad, con grandes cambios de dirección, toma de decisiones rápidas y efectivas para mantener el balón en su posesión (Sekulic, et al., 2019).

Al ser considerado un deporte con un alto nivel de intensidad en el juego, el factor lesional está presente en todo momento. Es así que las lesiones en el futsal son más frecuentes con relación al fútbol 11; entre otros aspectos porque se desarrolla en un terreno de juego más duro, las dimensiones son más pequeñas, el contacto con los rivales es de mayor continuidad y sobre todo las ejecuciones técnico-tácticas son más exigentes (Martinez, Herrero, Lopez, Guillen & Fernandez, 2017).

Se comparte con Álvarez, Murillo, Giménez & Manonelles (2016), al señalar que la prevención de lesiones en el futsal es primordial para el cuerpo técnico y directivos de los clubes; indican los autores precedentes que lograr la prevención de lesiones permitiría contar con la mayoría de sus jugadores a lo largo de la temporada, además de evitar gran cantidad de gastos económicos. Coincidimos con Aman et al. (2018), que las lesiones en los jugadores afecta de manera significativa, incluso en algunos de ellos puede provocar el fin de su carrera deportiva. Del mismo modo, autores como Hewett et al. (2016) manifiestan que: las lesiones producen discapacidad parcial o momentánea y consecuencias en el futuro.

En el caso del futsal al estar contemplado como un deporte dinámico, interválico y acíclico con grandes esfuerzos físicos y tiempos cortos de ejecución, las lesiones están presentes no solo en partidos oficiales, sino en las sesiones de entrenamiento (López et al., 2019). Por tal motivo, dentro de la planificación de las sesiones de entrenamiento en el futsal, la preparación física de los jugadores no solo es determinante para alcanzar los mejores resultados deportivos, sino también para la prevención de lesiones.

Explican López et al. (2019), que las principales lesiones en esta disciplina deportiva están relacionadas al sistema músculo-esquelético de los miembros inferiores como: lesiones musculares, ligamentosas, tendinosas y articulares. Este hecho es debido a que en los entrenamientos no se pone de manifiesto la mayor intensidad de las acciones técnico-tácticas y físicas durante su práctica, además de que es más frecuentes cuando el nivel de competencia es más elevado (Pujals et al., 2016).

El ciclo de estiramiento y acortamiento del músculo es un rasgo particular del entrenamiento con ejercicios pliométricos, donde la unidad músculo tendinosa sufre un alargamiento de las fibras, seguido por una contracción concéntrica. Es por ello sustancial considerar que el entrenamiento pliométrico, mejora la capacidad para producir en el menor tiempo posible una mayor cantidad de fuerza máxima (Alfaro, Salicetti, y Jiménez, 2018). Los ejercicios pliométricos además de mejorar la fuerza muscular aportan un mejor control neuromuscular (Tsang & DiPasquale, 2011).

Siguiendo este orden de ideas, se coincide en que si bien es cierto que inicialmente los ejercicios pliométricos se utilizaron únicamente para mejorar la condición física de los atletas, hoy en día también han sido empleados para la prevención de lesiones. Estudios realizados demuestran efectos positivos del empleo de los ejercicios pliométricos en la prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior (Willadsen, Zahn, & Durall, 2019). Del mismo modo Reina (2020) manifiesta que: los ejercicios pliométricos pueden brindar de manera eficaz beneficios en la rehabilitación física y la prevención de lesiones.

Para el cuerpo técnico y su equipo multidisciplinar, es necesario reducir el número de lesiones en sus equipos, la planificación del entrenamiento pretende alcanzar objetivos claros y la prevención de lesiones debe ser uno de los factores más importantes (Álvarez et al., 2016). Dentro de la preparación física de los jugadores podemos contar con aportes importantes de los ejercicios pliométricos y sus efectos positivos dentro del rendimiento físico como en la prevención de lesiones.

Independientemente de lo expuesto se debe significar que, debido a la falta de conocimientos por parte de entrenadores y preparadores físicos en cuanto a las vías o alternativas a utilizar para la prevención de lesiones, se acarrearán consecuencias negativas, muchas de las cuales están relacionadas con índices altos de lesiones. Como es lógico lo anteriormente explicado incide negativamente en el proceso de entrenamiento y de preparación de los jugadores y por supuesto en el resultado deportivo. Como bien señala Mueller-Wohlfahrt et al. (2013), al no poder contar con la plantilla completa de jugadores durante las competencias a lo largo del año o temporada se provocan consecuencias económicas de gran impacto para el club, los cuales comprometen el desempeño y resultados deportivos. De todo ello tampoco escapa el fútbol.

Es trascendental por tanto comprender los múltiples beneficios que ofrecen los ejercicios pliométricos para la prevención de lesiones. Las investigaciones teóricas unidas a las experiencias prácticas han venido develando que el trabajo pliométrico es empleado para mejorar la condición física, optimizando las características o patrones de habilidades en los jugadores y también como una importante alternativa para la prevención de lesiones (Rezaimanesh, Amiri & Saidian, 2011).

Sin embargo, lo planteado aun no alcanza la importancia requerida sobre todo en el contexto ecuatoriano, donde son pocos los especialistas y entrenadores de fútbol que muestran interés por realizar investigaciones que ayuden a mejorar las condiciones físicas, técnico-tácticas, psicológicas y teóricas de los deportistas y a su vez prevenir lesiones.

Por lo expuesto, el objetivo del estudio está centrado en sistematizar los elementos teóricos - metodológicos sobre la importancia del trabajo pliométrico para la prevención de lesiones en jugadores de fútbol.

Desarrollo

1.1. Generalidades del trabajo pliométrico en el entrenamiento del Fútbol.

La pliometría describe una forma rápida de entrenamiento para mejorar la producción de la fuerza, o sea para lograr la capacidad de los músculos para contraerse rápidamente, la cual prioriza ejercicios rápidos, explosivos y potentes.

En este ámbito, debemos tener en cuenta que el principio de la pliometría está basado en un músculo que al principio se estira rápidamente y posteriormente se contrae fuertemente, ello permite un mayor choque de fuerza para la fase siguiente de estiramiento del músculo en movimiento. Específicamente en el caso de los futbolistas, cuanto mejor sea la coordinación de este proceso, más rápido podrá correr el atleta y realizar los diferentes cambios de ritmo dentro de la carrera.

Al respecto, concordamos con Tomalá (2020), al enunciar que mediante los ejercicios pliométricos se logra que el músculo alcance su máximo potencial en un corto período de tiempo, enfatizando que la aplicación en el entrenamiento constituye una vía efectiva para mejorar la fuerza explosiva de los futbolistas y su rendimiento deportivo de manera general.

De igual manera compartimos con Sinovas, Rodríguez & Cerezal (2020), al afirmar que los ejercicios pliométricos capacitan a los músculos para alcanzar su máximo nivel de fuerza, en un corto período de tiempo; o sea, que constituyen ejercicios que unen fuerza y velocidad en el movimiento para producir potencia.

Al respecto, Hamid, Jaafar & Ali, (2014), seguido por Simbaña (2018), aseveran que estos ejercicios tienen como objetivo principal el de acortar el tiempo de contracción excéntrica (pliométrico) y el inicio de la contracción concéntrica aplicando la mayor fuerza posible en el menor tiempo posible.

En relación con ello, Muñoz & Duro (2012), opinan que para que realmente el entrenamiento proporcione resultados de ganancias, se debe prestar especial atención en el período de transición entre las fases excéntricas, conocidas también como fase de amortización, constituyendo esto la clave de este entrenamiento. Señalan además que una fase rápida de amortización (alrededor a una centésima de segundo), permitirá la generación por el cuerpo de una poderosa contracción que es la que producirá esas ganancias de potencia.

Siguiendo este orden de ideas reviste gran importancia la correcta aplicación dentro del entrenamiento de estas fases. Conforme a Lagos (2019), conocer los factores de rendimiento del fútbol sala será uno de los primeros pasos para programar los contenidos de entrenamiento, los valores óptimos a alcanzar y de forma conjunta, formar parte de las estrategias preventivas.

Son varios los autores que han estudiado el rendimiento relacionado con la aplicación del trabajo pliométrico en el fútbol sala, entre ellos podemos mencionar a Karavelioglu et al.

(2016); Neves da Silva et al. (2017), quienes opinaron que se ha observado que el entrenamiento pliométrico puede ser efectivo para la mejora de la explosividad y aceleración con intervenciones entre cuatro y ocho semanas.

Un aspecto adicional a la aplicación del trabajo pliométrico en el fútbol sala comparado a otros deportes, lo constituyen las propias particularidades de este deporte, en el cual de manera preponderante abundan las diferentes acciones de intensidad y cambios de ritmo en las velocidades de desplazamiento que requiere, elevando en un alto grado la necesidad de incluir una correcta aplicación durante los entrenamientos de manera que se obtengan los resultados esperados. Convenimos con Beato et al. (2016); Naser et al. (2017), en que el fútbol sala es un deporte de acciones intermitentes a alta intensidad con constantes cambios de dirección.

En esta dirección, se reafirma la importancia que reviste la aplicación de la pliometría en el deporte de fútbol sala. Respecto a ello, Noguera & Gamboa (2018) explicaron que la pliometría, es un método positivo para aplicarlo al deporte de fútbol sala, ya que este deporte es explosivo en donde se necesita gran potencia y velocidad para las rápidas acciones de juego que se presentan durante un partido.

De igual manera García & Peña (2016), han señalado que la inclusión de la pliometría en este deporte ayuda a mejorar tanto la velocidad, que es el factor primordial como otros factores físicos. También en esa línea Rodríguez-Gómez, Merchan & Forero (2014), han mencionado que el entrenamiento con ejercicios pliométricos mejora la velocidad y la fuerza y se puede utilizar para obtener resultados rápidos en periodos de tiempo cortos.

En sentido general, lo anteriormente expuesto, afianza la importancia de la aplicación del trabajo pliométrico en los entrenamientos del Fútbol Sala. Su empleo resulta una alternativa que evidentemente favorece el rendimiento deportivo de los jugadores y a su vez contribuye a la prevención de lesiones durante los entrenamientos y las competiciones.

1.2. El trabajo pliométrico y su incidencia en la prevención de lesiones.

Como se conoce, mantener un nivel competitivo estable con óptimos resultados a lo largo de un ciclo o temporada deportiva, sólo se alcanza a través de la aplicación de estrategias de entrenamiento que combinen de manera efectiva el logro de un rendimiento óptimo y el mantenimiento de un estado físico adecuado. Lo anteriormente señalado implica prevenir la disminución de lesiones, de modo tal que permita a los deportistas estar aptos para los resultados esperados durante todo el ciclo o temporada de preparación y competencias.

En esta dirección coincidimos con Eckard, Padua, Hearn, Pexa & Frank (2018), al plantear que dentro de los dos principales objetivos del entrenamiento, además de optimizar el rendimiento, se encuentra lograr reducir el número y severidad de las

lesiones, de manera que los deportistas dispongan del mayor tiempo posible, en óptimas condiciones físicas, durante el período competitivo. Por otra parte, también remarcaron que la creación de picos de entrenamiento (elevación o disminución repentinas de las cargas) suelen ser favorables a la aparición de lesiones en los deportistas.

En el caso del fútbol sala, como habíamos expresado, primeramente, dado su particularidad reviste de gran importancia la especificidad propia de su entrenamiento. Acorde a como indica Lagos (2019), el conocer los factores de rendimiento del fútbol sala, será uno de los pasos iniciales a tener en cuenta en la programación de los contenidos del programa de entrenamiento, con vistas a alcanzar los valores óptimos y conjuntamente elaborar las estrategias preventivas para evitar las lesiones.

Son varios los autores que al respecto se han referido a la incidencia que tiene la aplicación de los ejercicios pliométricos en los entrenamientos en relación a la conjugación del logro de rendimiento y prevención de lesiones en los deportistas, especialmente en el fútbol sala. Al respecto, se concuerda con Reina (2020), al manifestar que el ejercicio pliométrico desarrolla la capacidad del deportista de asimilar los diferentes cambios de posición y ritmo en el movimiento, los cuales mejoran los niveles de adaptabilidad osteomioarticular y disminuyen las lesiones, debido al incremento de la capacidad de trabajo propioceptivo a nivel de las estructuras anatómicas del tren inferior.

En esta misma dirección Sadoghi, Keudell & Vavken (2012), en su estudio de meta-análisis realizado, mostraron la efectividad del entrenamiento neuromuscular basado en la aplicación de ejercicios pliométricos para la prevención de lesiones a nivel del tren inferior, el cual arrojó que, del total de muestra consultada, se produjo un 85% de efectividad en los deportistas hombres y un 52% en mujeres.

Un aspecto de vital importancia lo constituye el conocimiento de las particularidades propias del fútbol sala, dado la intensidad física con que se realiza y las propias exigencias físicas que requiere su práctica, en este sentido coincidimos con el resultado de los estudios realizados por Beato, Coratella, Schena & Hulton (2017), donde explican la importancia del conocimiento de la información sobre cargas mecánico-musculares, tales como, la distancia total recorrida (TD), poder metabólico (MP), potencia metabólica de alta intensidad (HDMI) y la carga dinámica del cuerpo (DBL), aspectos que deben tener en cuenta los entrenadores al aplicar el entrenamiento.

En este ámbito se han realizado otros estudios por diferentes autores, en los cuales se han obtenido resultados alentadores en relación al rendimiento y la prevención de lesiones. En este caso podemos citar a (Neves da Silva et al., 2017), quienes obtuvieron rendimientos significativos en la capacidad de sprint repetidos (RSA), así como la utilización de intervalos de alta intensidad del entrenamiento (HIIT) incluyendo

intervalos de carrera con lanzaderas de balones (SRIT), el cual mejoró tras cinco semanas de entrenamiento específico con cambios de dirección en jugadoras brasileñas.

De igual manera Ayala, Sainz DeBaranda & De Ste Croix (2010), obtuvieron confortadores resultados en un equipo español, mediante el empleo de la prueba de resistencia intermitente y las rutinas de estiramiento estático, siendo eficaz para el aumento del rango del movimiento (ROM) de cadera, tanto flexión como extensión, realizado tras 8 semanas de intervención con 6 series x 30 segundos de estiramiento activo durante tres días a la semana.

En relación a ello, los propios autores expresaron que de las diversas técnicas de estiramiento, ya sea la estática, dinámica, balística y la de facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP), en el ámbito del deporte y del fútbol sala, la que más se utiliza son el estiramiento estático, dinámico y balístico. Por otra parte, las rutinas de estiramiento estático son las que habitualmente los preparadores físicos la prescriben para su ejecución en el calentamiento, debido a que implica un mínimo riesgo de lesión, es eficiente, requiere de escasa asistencia y es eficaz para el aumento del rango del movimiento (ROM).

Al respecto Vargas (2019), plantea que los ejercicios pliométricos además de fortalecer los músculos debido a que aumentan su potencia muscular donde se desarrolla la fuerza, el equilibrio y la coordinación, también mejora el sprint, que contiene a cualidades fundamentales del fútbol sala tales como: la aceleración y la velocidad. Dado que, al realizar los ejercicios pliométricos, se fortalece de hecho, toda la musculatura del miembro inferior, lo que hace que el jugador sea menos propenso a la aparición de cualquier tipo de lesión, aunque la realización de los mismos debe ser de manera correcta, conforme a la metodología y sin forzar el organismo, todo ello origina que el jugador tenga un estado físico corporal más resistente dentro de la cancha.

En analogía con estos mismos aspectos, Acosta, Cetina, Ramírez & Montealegre-Mesa (2019), señalan que la prevención de lesiones en el jugador de fútbol, es una estrategia de abordaje fundamental, dado que está relacionada con las consecuencias negativas que tiene, tanto para su rendimiento deportivo como para la salud del jugador durante toda su carrera deportiva. Enfatizan los autores precedentes en la necesidad de trazar una correcta estrategia ya que esto contribuye a que se acelere el proceso de recuperación funcional del jugador para su incorporación al terreno de juego, con mejores condiciones físicas.

Estos mismos autores hacen alusión a los principales programas preventivos reconocidos por su especificidad y otros desarrollados por la Federación Internacional de Fútbol Asociado FIFA, entre los que se encuentran: FIFA 11, que conforme a Nouni-García et al. (2018), es un programa de 10 ejercicios, que tiene como objetivos principales, la estabilización lumbo-pélvica o central, ejercicios pliométricos, agilidad y control

neuromuscular; FIFA 11+, que según Bizzini et al. (2013), es un programa de calentamiento y preventivo de lesiones neuromusculares, con ejercicios de carrera a baja intensidad, fuerza, pliometría y equilibrio así como ejercicios de carrera combinados con movimientos propios del fútbol.

Lo cierto es que tanto Van Beijsterveldt et al. (2012), como Ayala et al. (2017), destacan la importancia de la eficacia para el entrenamiento y acondicionamiento de la mejora en fuerza y equilibrio muscular alrededor de la articulación de la rodilla y su práctica a modo de calentamiento, enfatizando que esto es requerido por lo menos dos veces por semana durante tres meses consecutivos. El FIFA 11 + Shoulder, que es derivado del anterior programa y que conforme Ejnisman et al. (2016), en el mismo los ejercicios se centran en estabilidad del core y control neuromuscular, la fuerza de mecanismo excéntrico y agilidad.

De igual manera y en correspondencia con lo anterior, Romero et al. (2017), reafirman en su estudio la obtención de resultados alentadores relacionados con la disminución de las lesiones resaltando que los programas de prevención aplicados, incluyen el trabajo de la fuerza neuromuscular, estiramientos, pliometría, equilibrio, core y corrección de la técnica de amortiguación del salto y los cambios de dirección.

Otros autores han elaborado y aplicado programas similares de prevención de lesiones, aunque con otros grupos poblacionales, que han servido para comparar resultados, tal es el caso de Saiz (2018), quien afirma que en referencia al programa de entrenamiento elaborado, la clave del mismo se basó en la realización de un calentamiento general y específico muy bien controlado, la realización de estiramientos antes y después del entrenamiento, la utilización de una progresión controlada de la intensidad de los ejercicios variando el contenido de las sesiones y no incluyendo en ningún momento elementos no competitivos durante las mismas. Precisamente, determinó la fiabilidad del programa la relativamente baja incidencia en lesiones y en síntomas músculo-esqueléticos durante el entrenamiento.

De la misma manera, se ha constatado que además el entrenamiento con ejercicios pliométricos ejerce una incidencia sobre la propia habilidad del deportista, dado que le permite realizar con una mayor eficacia y seguridad algunos movimientos que antes no podía realizar. En referencia a ello, Mesfin, Sangeeta & Molla (2015), determinaron en su estudio, que los efectos de este tipo de ejercicios de entrenamiento, permitieron obtener mejoras significativas en determinadas variables de aptitud física y habilidad futbolística de los deportistas, lo que representó un efecto positivo en el dribleo en correlación con la velocidad y agilidad, así como mejoró la capacidad de patear. Estos autores concordaron con Roopchand-Martin & Lue-Chin (2010), al indicar que el entrenamiento pliométrico se usa ampliamente en acondicionamiento, entrenamiento de potencia y en la prevención

y rehabilitación de lesiones en algunos deportes y en gran medida en el fútbol y fútbol sala.

Todo lo explicado hace que se coincida con los estudios y autores precedentes al reconocer la importancia que tiene el trabajo pliométrico para la prevención de lesiones en los diferentes deportes, específicamente en el fútbol; somos del criterio que al lograr un correcto proceso de entrenamiento donde se haga uso del trabajo pliométrico se podrá prevenir la presencia de lesiones y por consiguiente mejorar los indicadores de rendimiento y resultados deportivos.

Metodología

La investigación siguió una metodología descriptiva no experimental, con la utilización de métodos teóricos, dentro de estos: el histórico-lógico, el analítico – sintético, inductivo –deductivo y la RSL (Revisión Sistemática de Literatura), todo ello permitió realizar una indagación bibliográfica en bases de datos notables en español e inglés, dentro de las cuales se citan: Dialnet, Scopus, PubMed, Sport Discus, Índices CSIC, Google Académico, Scand J Med Sci Sports, The American Journal of Sports Medicine, J Strength Cond Res. Para encontrar información adicional se realizó una búsqueda en los repositorios nacionales e internacionales que contemplan Tesis de Doctorado y Maestría relacionadas con el tema de investigación.

La estrategia de indagación seguida facilitó tener información confiable y de calidad e identificar en las diferentes bases de datos los artículos e investigaciones potenciales. De igual manera se logró ir limitando la población a consultar según las palabras claves previamente determinadas: trabajo pliométrico, prevención de lesiones, fútbol sala.

Criterios de inclusión

1. Tipo de estudios: Estudios de revisiones teóricas o experimentales que sistematicen o desarrollen teorías en relación con el trabajo pliométrico y su incidencia en la prevención de lesiones, con especial interés en jugadores de fútbol sala.
2. Tipo de participantes: entrenadores y jugadores de fútbol sala.
3. Tipo de resultados: Programas, Metodologías, Modelos, relacionados con el trabajo pliométrico y su incidencia en la prevención de lesiones en jugadores de fútbol sala.
4. Tesis de Doctorado o Maestría realizadas en los 10 últimos años en universidades Internacionales o Nacionales relacionadas con el tema.

Criterios de exclusión

1. Estudios o investigaciones realizadas en un rango de tiempo diferente al contemplado en la investigación y que no aporten elementos significativos para nuestro estudio.
2. Artículo en idioma diferente del español o inglés.
3. Otros estudios que por su tema o resultados no aporten elementos significativos para nuestra investigación

Evaluación de la calidad

La calidad se determinó mediante el seguimiento riguroso de los criterios de inclusión y exclusión establecidos previamente.

Análisis y discusión de resultados en cuanto a bases de datos consultadas:

Según las bases de datos consultadas y considerando el rango de tiempo establecido, el cual estuvo comprendido entre el 2010 y el 2020, se consultaron un total de 41 fuentes, determinándose como estudios potencialmente relevantes 15 investigaciones, de las cuales, el 100%, maneja las variables objeto de investigación: trabajo pliométrico y prevención de lesiones, fútbol. Se debe significar que, dentro de la Revisión Bibliográfica realizada, se consultaron además Tesis de Doctorado, Maestría y Licenciatura, relacionadas con el tema, los cuales permitieron sistematizar las ideas y teorías precedentes e ir conformando nuestros aportes.

Emanado de lo anterior los resultados evidencian que los años 2018 y 2019, resultaron ser los años donde se ha logrado tener mayor producción científica relacionada con este tema. Destacándose dentro de los autores que han aportado al tema los trabajos realizados por: Alfaro, Salicetti & Jiménez (2018); Ayarra, Nakamura, Iturricastillo & Castillo Yanci (2018); Eckard, Padua, Hearn, Pexa & Frank (2018); Noguera & Gamboa (2018); Sekulic, Foretic, Gilic, Esco, Hammami, Uljevic, Versic & Spasic (2019); Vargas (2019). Destacan además autores ecuatorianos que han venido aportando a esta teoría, dentro de los cuales se encuentran Vargas (2019); Simbaña (2018) y Tomalá (2020), sin embargo dada las limitaciones de estudios relacionados con este tema se infiere la necesidad de profundizar en el desarrollo de investigaciones que permitan en primer lugar profundizar en las teorías precedentes en relación con el trabajo pliométrico y su importancia para la prevención de lesiones y en segundo término estudios que puedan demostrar en la práctica dentro del contexto ecuatoriano los impactos de esta novedosa forma de entrenamiento.

A continuación, se exponen en la Tabla No1 los resultados del análisis realizado según criterios de inclusión que permitió determinar investigaciones potenciales

Tabla No 1 Resultado de Investigaciones potenciales directos para la investigación

Autorías, Título y año	Base de Datos	Intervención	Conclusiones
Markovic, & Mikulic (2010). Adaptaciones neuro-musculoesqueléticas y de rendimiento al entrenamiento pliométrico de las extremidades inferiores.	School of Kinesiology, University of Zagreb, Zagreb, Croatia. Adis Data Information BV. Magazine Sport Medicine. October 2010. 40(10):859-95. DOI: 10.2165/11318370-000000000-00000 . Source: Pub.Med.	El estudio contempló la revisión crítica de la literatura relacionada con programas de entrenamiento con ejercicios pliométricos (PLY), para la parte inferior del cuerpo y sus efectos en los sistemas neuronales y musculoesqueléticos humanos, el rendimiento deportivo y la prevención de lesiones. También se consideraron estudios que combinaban el PLY de la parte inferior del cuerpo con otras modalidades de entrenamiento populares.	El estudio afirma que las evidencias disponibles sugieren que el Programa de entrenamientos pliométrico (PY), ya sea solo o en combinación con otras modalidades de entrenamiento típicas, provoca numerosos cambios positivos en el sistema nervioso y musculoesquelético, y en ese orden, expresa que para mejorar el rendimiento y prevenir lesiones en los deportes, recomendamos la implementación de PLY en un programa de acondicionamiento físico específico bien diseñado para el deporte.
Muñoz, & Duro (2012). El entrenamiento pliométrico en el fútbol sala: Ganancias de potencia de salto y de potencia de disparo.	EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires- años 17-No 169 http://www.efdeportes.com	El estudio analiza los beneficios del entrenamiento pliométrico en jugadores de futbol sala, tanto para mejorar la potencia de disparo, como la potencia de salto.	Queda demostrado la indecencia de los ejercicios pliométricos durante el entrenamiento, en la potencia muscular en el salto, sin embargo, los resultados no se muestran muy alentadores en lo ocurre en la potencia de disparo.
Adalid (2014). Propuesta de	Revista Retos-Nuevas tendencias en Educación	El trabajo realiza una aproximación al	La propuesta de prevención

<p>incorporación de tareas preventivas basadas en métodos propioceptivos en fútbol- Universidad de Granada.</p>	<p>Física, Deporte y Recreación 2014, No 26, pp. 163-167. Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (www.retos.org).</p>	<p>estudio de prevención mediante la actividad física, con el objetivo de identificar las principales lesiones para analizar la incorporación de medidas que desde el ámbito de la preparación física han demostrado evidencia de efectividad en la tarea preventiva, como son: el entrenamiento de fuerza, de flexibilidad y de propiocepción.</p>	<p>incorporó a la programación anual entrenamientos polifacéticos (con ejercicios pliométricos, de fuerza compensatoria, estabilización del core, trabajo excéntrico y ejercicios de equilibrio, que permitieron a los jugadores alcanzar niveles más óptimos en cuanto a carga muscular se refiere, cadenas cinéticas más coordinadas, mayor tolerancia a la fatiga y mayor respuesta ante desequilibrios provocados por cargas externas en la competición), que pudieron reducir significativamente el número de lesiones. Otros autores han demostrado que la inclusión de este tipo de ejercicios específicos han determinado una menor incidencia lesional en comparación con equipos que no los ha desarrollado.</p> <p>El programa también ha mostrado un cambio significativo en la mejora de las variables seleccionadas de componentes de aptitud física y variables de habilidad</p>
<p>Mesfin, Sangeeta & Molla (2015). Effects of plyometric training on soccer related physical fitness variables of intercollegiate female soccer players.</p>	<p>Department of Sport Science, Haramaya University, Ethiopia. www.Turkishkinesiology.com.</p>	<p>El estudio se realizó para averiguar los efectos del entrenamiento pliométrico en variables de aptitud física relacionadas con las jugadoras de fútbol intercolegiales</p>	<p>El programa también ha mostrado un cambio significativo en la mejora de las variables seleccionadas de componentes de aptitud física y variables de habilidad</p>

		de la Universidad de Haramaya	futbolística, lo que representó una disminución significativa de las lesiones durante el período.
García Ramos, & Peña López (2016). Efectos de 8 Semanas de Entrenamiento Pliométrico y Entrenamiento Resistido Mediante Trineo en el Rendimiento de Salto Vertical y E sprint en Futbolistas Amateurs.	Estudio del grupo de investigación de análisis de rendimiento deportivo de la Universidad Central de Cataluña. Barcelona. España.	Analizó los efectos de un entrenamiento pliométrico y de un entrenamiento resistido, mediante arrastres de trineo de 8 semanas de duración sobre el rendimiento en pruebas de salto vertical y velocidad en sprint de 30 metros en futbolistas amateurs.	Demostró que después de 8 semanas de entrenamiento pliométrico y de arrastres de trineo en futbolistas, se pudo observar que se producían cambios positivos en el rendimiento de las pruebas de salto pliométrico vertical (ya sea en remates de cabeza o en una acción de salto de un portero). De igual manera, los saltos pliométricos horizontales parecen incrementar el rendimiento en los sprint, debido a la aplicación horizontal de la fuerza en la carrera.
Naser, Ali, & Macadam (2017). Physical and physiological demands of futsal.	Journal of Exercise Science & Fitness, 15(2), 76–80. Articles from Journal of Physical Therapy Science are provided here courtesy of Society of Physical Therapy Science.	La investigación verificó los efectos del entrenamiento pliométrico de corta duración (PM) en la composición corporal, la flexibilidad y la producción de potencia muscular en atletas de fútbol sala.	Los resultados del estudio, muestran que el entrenamiento pliométrico puede ser eficaz para reducir la grasa corporal y aumentar la flexibilidad y la potencia muscular en las atletas de fútbol sala. Por lo tanto, puede sugerir que el entrenamiento pliométrico (PM) puede aplicarse en el campo de la fisioterapia preventiva.

<p>Beato, Coratella, Schena, & Hulton (2017). Evaluation of the external & internal workload in female futsal players.</p>	<p>Biology of Sport, 34(3), 227–231. doi: 10.5114/biolsport.2017.65998.</p>	<p>El objetivo de este estudio fue cuantificar las actividades locomotoras y mecánicas realizadas durante un partido de fútbol sala femenino, midiendo las diferencias entre la primera y la segunda parte, evaluando sus demandas de carga externa.</p>	<p>El estudio, informa sobre la utilización de la carga dinámica del cuerpo (DBL), durante el análisis de partidos de fútbol sala. Es un parámetro relativamente nuevo que registra cada variación instantánea de actividad y puede contribuir a la investigación de indicadores específicos de estrés mecánico. Las investigaciones futuras pueden analizar mejor su uso en el fútbol sala. La información sobre cargas mecánico-musculares (por ejemplo, Distancia total recorrida, TD, poder metabólico MP, distancia de potencia metabólica de alta densidad HMD, número de aceleraciones y desaceleraciones) tiene una importancia crítica en el diseño de protocolos específicos de entrenamiento de fútbol sala de los regímenes de carga y la previsión de lesiones..</p>
<p>Romero, Cuéllar, González, Bastida, Echarri, Gallardo, Paredes (2017). Revisión de los factores de riesgo y los programas de prevención de la lesión del ligamento</p>	<p>RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte, vol. XIII, núm. 48, abril, 2017, pp. 117-138 Editorial Ramón Cantó Alcaraz Madrid, España.</p>	<p>Los objetivos de esta revisión fueron analizar las causas y factores de riesgo de la lesión del LCA, realizar una revisión sistemática de los programas de prevención actuales y</p>	<p>Los programas de prevención que han mostrado disminuir la frecuencia lesional inciden en el trabajo del core, la propiocepción, el control motor, el aprendizaje de la</p>

cruzado anterior en fútbol femenino: propuesta de prevención.

proponer un técnica de protocolo para la amortiguación, la prevención de la flexibilidad y el lesión del ligamento trabajo excéntrico. cruzado anterior En el estudio se exponen los factores de riesgo específicos a esta lesión a la eficacia mostrada en los diferentes programas preventivos analizados. Los programas de prevención incluyen el trabajo de la fuerza neuromuscular, estiramientos, pliometría, equilibrio, core y corrección de la técnica de amortiguación del salto y los cambios de dirección.

Noguera & Gamboa (2018). Influencia de la pliometría en la velocidad de desplazamiento de las jugadoras de fútbol sala femenino de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.

Corporación Universitaria Autónoma del Cauca. Trabajo de grado para optar al título de profesional en deporte y actividad física. Facultad de Educación Programa de Deporte y Actividad Física. Ciencias aplicadas al deporte y la actividad física.

El estudio tuvo como objetivo determinar la influencia de la pliometría en la velocidad de desplazamiento en jugadoras de fútbol-sala femenino. La metodología estuvo enfocada a las ciencias exactas o lo cuantificable, o sea en lo medible, el tipo de investigación fue correlacional porque buscó la relación entre dos variables pliometría y la velocidad de desplazamiento.

El estudio validó que el programa de entrenamiento pliométrico para mejorar la velocidad de desplazamiento en la población objeto de estudio, determino que 8 semanas de entrenamiento influyen positivamente sobre dicha capacidad. Igualmente que el entrenamiento pliométrico es un método efectivo de entrenamiento con resultados a corto plazo, en el que la periodización con cargas selectivas es determinante sobre la incidencia de lesiones en el futsal.

<p>Simbaña (2018). Los ejercicios pliométricos en la fuerza explosiva del tren Inferior de la selección de fútbol femenino de la Liga Deportiva Parroquial Picaihua</p>	<p>Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.</p>	<p>Estudió la aplicación de ejercicios pliométricos en la fuerza explosiva del tren inferior de los futbolistas de futsal, a través de un conjunto de ejercicios planificados correctamente.</p>	<p>El resultado del estudio aprobó la hipótesis alterna planteada, la cual expresa que si existía relación significativa entre ejercicios pliométricos y fuerza explosiva en los integrantes de la selección de futbol.</p>
<p>Vargas (2019). Pliometría en la prevención de lesiones musculotendinosas en futbolistas profesionales</p>	<p>Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Licenciada en Terapia Física y Deportiva. Universidad Nacional de Chimborazo. Facultad de Ciencias de la Salud. Carrera de Terapia Física y Deportiva.</p>	<p>La investigación tuvo como objetivo demostrar los efectos de los ejercicios pliométricos para prevenir lesiones musculotendinosas en miembros inferiores en futbolistas profesionales, con la particularidad del aumento de su fuerza.</p>	<p>Se demostró que los ejercicios pliométricos tiene efectos positivos durante el entrenamiento porque mejoro la fuerza y previene lesiones en el tren inferior, estos resultados se refleja en el test de salto horizontal sin carrera tiene una mejoría en un 15% de la fuerza y el test de salto vertical en un 30%, recalando que la técnica pliométrica se aplicó al 100% de la muestra que son futbolistas que pertenecen a la categoría de Reserva del Club Deportivo El Nacional, concluyendo que durante el período de intervención la población no presentó ningún tipo de lesiones musculotendinosas.</p>
<p>Acosta, Cetina, Ramírez & Montealegre-Mesa (2019). Programas preventivos, una estrategia para el jugador de fútbol.</p>	<p>Revista Actividad Física y Deporte. 6 (1): 109-128. Publicado por: Revista Digital: Actividad Física y Deporte, bajo una licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0.</p>	<p>Buscó través de una revisión bibliográfica describir la estructura de algunos programas de prevención de lesiones, como una estrategia de</p>	<p>Se expuso que un programa preventivo en general estipula el entrenamiento neuromuscular, como herramienta de mejora de la</p>

<p>Revisión bibliográfica.</p>	<p>conocimiento específico para el jugador de fútbol.</p>	<p>capacidad de generar patrones óptimos de activación muscular, aumentando estabilidad dinámica articular y patrones de movimiento necesarios; el entrenamiento propioceptivo y equilibrio complementando el control postural evitando desequilibrios en las extremidades inferiores así como la pliometría que mejora la mecánica corporal y reducen lesiones graves, particularmente del ligamento Cruzado Anterior (LCA), teniendo en cuenta, que la rodilla es una articulación de importancia en este deporte y ocupa el 5% de lesiones que dan en miembros inferiores.</p>
<p>Lagos (2019). Optimización del rendimiento físico-deportivo en fútbol sala femenino: Desde la epidemiología lesional a una propuesta de intervención.</p>	<p>Tesis Doctoral – Escuela Internacional de Doctorado- Universidad de Vigo</p> <p>Analiza las diferentes variables relacionadas con la optimización del rendimiento físico-deportivo en jugadoras profesionales de fútbol sala femenino.</p>	<p>El estudio demostró que la escala de percepción subjetiva del esfuerzo de la sesión (sRPE), mostró ser una herramienta útil para controlar las cargas a lo largo de una temporada en un equipo de fútbol sala femenino. Las mayores cargas se registraron durante el primer mesociclo, asociado al período preparatorio. Después, se observó un patrón oscilatorio</p>

<p>Tomalá (2020). Programa de ejercicios pliométricos para el desarrollo de la fuerza explosiva en futbolistas de la categoría sub 16.</p>	<p>Tesis para optar por el Título de Maestría profesional en Entrenamiento Deportivo. Universidad Estatal de Milagro. UNEMI Ecuador.</p>	<p>Se realizó un diagnóstico mediante la aplicación de métodos y técnicas empíricas como la revisión de documentos, observación y encuesta para determinar cómo se comporta el empleo de los ejercicios pliométricos para el desarrollo de la fuerza explosiva en futbolistas de la categoría sub 16.</p>	<p>de las cargas a lo largo del período competitivo, con cargas de entrenamiento similares, tanto a nivel de microciclo como mesociclo. Además, la distribución de la carga semanal tuvo una tendencia descendiente para que las jugadoras estuviesen plenamente recuperadas el día del partido.</p> <p>El estudio constató que mediante los ejercicios pliométricos se logra que el músculo alcance su máximo potencial en un corto período de tiempo por lo que su aplicación en el entrenamiento constituyen una vía efectiva para mejorar la fuerza explosiva de los futbolistas y su rendimiento deportivo de manera general</p>
<p>Reina (2020). Aplicación del Ejercicio Pliométrico como mecanismo para incrementar la Fuerza Explosiva en el tren inferior en futbolistas del Equipo masculino Sub-16 del Club Deportivo “El Nacional”</p>	<p>Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magister en Entrenamiento Deportivo. Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica. Centro de Posgrado.</p>	<p>Se realizó un estudio para determinar los niveles de Fuerza Explosiva y mejorar los mismos mediante la aplicación de la Pliometría. Evaluar los niveles de Fuerza Explosiva en el tren inferior, Diseñar y Plantear un programa de Ejercicios Pliométricos, valorar los resultados post-test y analizar los</p>	<p>El estudio corroboró que el entrenamiento aplicado sobre los futbolistas del Club deportivo “El Nacional” trajo consigo efectos significativamente positivos sobre los niveles de saltabilidad entre el pretest y el postest. Tras la implementación del protocolo de</p>

efectos obtenidos a fin de evidenciar la efectividad del programa de entrenamiento

entrenamiento pliométrico se produjo una significativa mejora sobre la resistencia intermitente, facilitando al futbolista recuperarse más rápido y realizar mayores esfuerzos de una forma más eficiente ante varias intensidades de los ejercicios. Al término del entrenamiento pliométrico existió una ganancia por demás significativa en los valores cuantitativos y cualitativos de flexibilidad, sin haber realizado un trabajo específico alguno sobre esta capacidad. A lo largo del plan de entrenamiento con ejercicios pliométricos, no existió ningún tipo de lesión o efecto negativo asociado directamente con el entrenamiento.

Discusión de Resultados:

A pesar de que el fútbol cuenta con varios años de práctica tanto a nivel internacional como nacional, se puede considerar un deporte joven en comparación con el resto. Como resultado de lo anterior, en relación a este deporte, predominan principalmente los estudios relacionados con el rendimiento deportivo y existe un escaso porcentaje de estudios relativos a la prevención de lesiones en los deportistas.

De igual manera y en concordancia con lo anteriormente expuesto, la aplicación en los entrenamientos de fútbol de ejercicios pliométricos para elevar el desempeño de los futbolistas es relativamente nuevo así como la incidencia que sobre la prevención de lesiones trae consigo este tipo de ejercicios.

Ello implica que la aplicación de programas de entrenamiento que incluyan ejercicios pliométricos, que fortalecen los músculos, al aumentar su potencia muscular y mejorar el sprint, con sus cualidades de velocidad y aceleración así como su utilización en la prevención de lesiones musculotendinosas, crea polémica entre entrenadores y estudiosos del tema.

Al respecto encontramos a Eckard, Padua, Hearn, Pexa, & Frank (2018); Lagos (2019), quienes concuerdan que un aspecto a tener en cuenta está dado principalmente por la dosificación de los ejercicios y los posibles picos de carga que pudieran acarrear una incorrecta planificación de los mismos, lo que pudieran traer consigo lesiones y reducción de los componentes musculoesqueléticos, así como, que los entrenadores y dosificadores deben tener un profundo conocimiento de los factores de rendimiento del fútbol sala, en el cual de manera preponderante abundan las diferentes acciones de intensidad y cambios de ritmo en las velocidades de desplazamiento, constituyendo de hecho uno de los pasos iniciales a tener en cuenta en la programación de los tipos de ejercicios que contengan los programas de entrenamiento, con vistas a alcanzar los valores óptimos y conjuntamente elaborar las estrategias preventivas para evitar las lesiones.

Por otra parte, se cuentan con varios autores y entrenadores que han elaborado programas de entrenamientos en los que preponderantemente se dan experiencia con ejercicios pliométricos, entre los que se destacan, Sadoghi, von Keudell, & Vavken (2012); Romero, Cuéllar, González, Bastida, Echarri, Gallardo, Paredes (2017); Saiz (2018); Acosta, Cetina, Ramírez, & Montealegre-Mesa (2019); Vargas (2019) y Reina (2020), quienes corroboran que el ejercicio pliométrico desarrolla la capacidad del deportista de asimilar los diferentes cambios de posición y ritmo en el movimiento, los que mejoran los niveles de adaptabilidad osteomioarticular disminuyendo las lesiones, debido al incremento de la capacidad de trabajo propioceptivo a nivel de las estructuras anatómicas del tren inferior del cuerpo. De igual manera se refieren a los principales programas preventivos reconocidos por su especificidad y otros desarrollados por la Federación Internacional de Fútbol Asociado FIFA.

Otro aspecto relacionado con la aplicación del trabajo pliométrico que es objeto de divergencias, es el referido al periodo de duración de los mismos y su efectividad, al respecto Sadoghi, von Keudell, & Vavken (2012) en su estudio determinaron un 85% de efectividad en los deportistas hombres y un 52% en las mujeres. También Teixeira et al. (2017) obtuvieron rendimientos significativos en la capacidad de sprint repetidos, así como la utilización de intervalos de alta intensidad, el cual se obtuvo tras cinco semanas de entrenamiento específico con cambios de dirección en los movimientos. De igual manera, Ayala et al. (2017), obtuvieron alentadores resultados en un equipo español, siendo muy eficaz el aumento del rango del movimiento (ROM) de cadera, tanto de flexión como extensión, realizado tras 8 semanas de intervención con 6 series x 30 segundos de estiramiento activo durante tres días a la semana.

Considerando y reflexionado sobre los aportes precedentes resulta básico resumir algunas ideas generales que forman parte concluyente del análisis realizado:

- Se coincide con Acosta, Cetina, Ramírez, & Montealegre-Mesa (2019), en que la prevención de lesiones en el jugador de fútbol, es una estrategia de abordaje fundamental, dado que está relacionada con las consecuencias negativas que tiene tanto para su rendimiento deportivo como para la salud del jugador durante toda su carrera deportiva y además trae beneficios en que se acelere el proceso de recuperación funcional del jugador para su incorporación al terreno de juego, con mejores condiciones físicas.
- La aplicación de entrenamientos con ejercicios pliométricos deben estar basados en las particularidades específicas del fútbol, de manera que con la planificación de los ejercicios respectivos se obtengan los resultados esperados, relacionados con la elevación del rendimiento de los futbolistas ligado a la prevención de las lesiones, siendo vital para ello el conocimiento de la información sobre cargas mecánico-musculares, tales como, la distancia total recorrida (TD), poder metabólico (MP), potencia metabólica de alta intensidad (HDMI) y la carga dinámica del cuerpo (DBL), aspectos que deben tener en cuenta los entrenadores al aplicar el entrenamiento.
- El principal beneficio que ofrece la pliometría es la prevención de lesiones musculotendinosas; dado que al realizar los ejercicios pliométricos, se fortalece de hecho, toda la musculatura del miembro inferior, además aumentan su potencia muscular donde se desarrolla la fuerza, el equilibrio y la coordinación, también se mejora el sprint, que contiene a cualidades fundamentales del fútbol tales como: la aceleración y la velocidad.

- Dada las limitaciones en el contexto ecuatoriano en cuanto a estudios relacionados con este tema se requiere direccionar la apertura de nuevas investigaciones en esta línea.
- Todo lo anterior nos permite asumir la necesidad de introducir cambios en los modelos y metodologías actuales de entrenamiento en el fútbol, los cuales deben basarse en las nuevas actualizaciones de los programas de entrenamiento aplicados actualmente con éxito a nivel internacional.

Según nuestro criterio no solo es determinante las divergencias o polémicas que se han creado en relación a las formas y duración de los entrenamientos con los ejercicios pliométricos, sino, lo realmente importante es saber planificar y dosificar las cargas de entrenamiento en correspondencia con las particularidades del fútbol, de manera que se obtenga el rendimiento esperado y teniendo en cuenta qué hacer para alcanzar progresivamente los resultados esperados.

Siguiendo estas ideas y en correspondencia con la sistematización de las diferentes fuentes y teorías consultadas, que constituyen antecedentes potenciales de la investigación que se presenta, se considera trascendente valorar tres puntos de gran jerarquía:

- ✓ Se coincide con los autores precedentes en la importancia que tiene el trabajo pliométrico en la prevención de lesiones, con especial interés en el fútbol.
- ✓ El segundo está relacionado con las limitaciones existente en el contexto ecuatoriano, en cuanto al avance de investigaciones que promuevan considerar con mayor profundidad el desarrollo e implementación en la práctica de las teorías que reconocen los beneficios del trabajo pliométrico en la prevención de lesiones en los jugadores de fútbol.
- ✓ El tercer punto nos hace concordar con los autores precedentes en la necesidad de contar con un cuerpo de entrenadores motivados, capacitados y competentes capaces de introducir novedosas formas y alternativas de entrenamiento para evitar las posibles lesiones que pueden darse como consecuencia de no emplear el trabajo pliométrico en el fútbol.

Es importante significar además que, en el caso del fútbol, debido a las propias características de este deporte, ha quedado fundamentado la importancia del trabajo pliométrico para la prevención de lesiones. A esto se une la necesidad de la actualización de los entrenadores, del cuerpo técnico y de los propios jugadores como una acción fundamental en los momentos actuales, no solo para la mejora constante del rendimiento y los resultados deportivos, sino también para la prevención de lesiones durante el entrenamiento y como parte de las competencias. En concordancia con ello, coincidimos

con Eckard, Padua, Hearn, Pexa, & Frank (2018), al plantear que los dos principales objetivos del entrenamiento con los ejercicios pliométricos son: optimizar el rendimiento y lograr reducir el número y severidad de las lesiones.

En resumen, en el contexto del fútbol, como en otros deportes, se trata de un tema altamente atrayente e importante a considerar como parte del entrenamiento deportivo; su pertinencia y actualidad hacen que sea necesario continuar profundizando en el mismo desde una visión integral del problema objeto de estudio.

Conclusiones

A modo de conclusión se considera que:

- La RSL (Revisión Sistemática de Literatura), permitió sistematizar la importancia y beneficios que tiene la aplicación del trabajo pliométrico en los procesos de entrenamiento deportivo, como una alternativa eficaz para la prevención de lesiones, la mejora del rendimiento y los resultados deportivos de los jugadores de fútbol. Resultando fundamental aperturar nuevas investigaciones en esta línea dentro del contexto ecuatoriano.
- Resulta fundamental promover el desarrollo de procesos de capacitación permanente para lograr la actualización constante de los entrenadores, del cuerpo técnico y de los jugadores en los diferentes niveles, de modo tal que se logre la introducción de estas novedosas formas de entrenamiento.

Bibliografía

- Acosta, N., Cetina, M., Ramírez, J., & Montealegre-Mesa L.M. (2019). Programas preventivos, una estrategia para el jugador de fútbol. Revisión bibliográfica. *Revista Actividad Física y Deporte*, 6 (1): 109-128.
- Adalid, J. (2014). Propuesta de incorporación de tareas preventivas basadas en métodos propioceptivos en fútbol. Universidad de Granada. *Retos*, 26, 163-167.
- Alfaro, J., Salicetti, F., y Jiménez, J. (2018). Efecto del Entrenamiento Pliométrico en la Fuerza Explosiva en Deportes Colectivos: Un Metaanálisis. *Pensar En Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 16(1), 27-52. <https://dx.doi.org/10.15517/pensarmov.v16i1.27752>

- Álvarez, J., Murillo, V., Giménez, L., y Manonelles, P. (2016). Modificación Del Volumen-Intensidad Como Medida Preventiva de Lesiones En Fútbol Sala / Modification of Volume-Intensity as Preventive Measure in Futsal Injuries. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 61, 85-97. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2016.61.007>
- Åman, M., Larsén, K., Forssblad, M., Näsmark, A., Waldén, M., & Hägglund, M. (2018). A Nationwide Follow-up Survey on the Effectiveness of an Implemented Neuromuscular Training Program to Reduce Acute Knee Injuries in Soccer Players. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 6(12), 1–10. <https://doi.org/10.1177/2325967118813841>.
- Ayala, F., Calderón, A., Delgado, J., Parra, S., Pomares, C., Hernández, S., & de Ste Croix, M. (2017). Acute effects of three neuromuscular warm-up strategies on several physical performance measures in football players. *PLoS ONE*, 12(1), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169660>.
- Ayarra, R., Nakamura, F. Y., Iturricastillo, A., Castillo, D., & Yanci, J. (2018). Differences in Physical Performance According to the Competitive Level in Futsal Players. *Journal of Human Kinetics*, 64(1), 275–285. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0201>
- Beato, M., Coratella, G., Schena, F., & Hulton, A. T. (2017). Evaluation of the external & internal workload in female futsal players. *Biology of Sport*, 34(3), 227–231. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2017.65998>.
- Bizzini, M., Junge, A., & Dvorak, J. (2013). Implementation of the FIFA 11+ football warm up program: How to approach and convince the Football associations to invest in prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 803–806. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-092124>.
- Eckard, T., Padua, D., Hearn, D., Pexa, B., & Frank, B. (2018). The Relationship Between Training Load and Injury in Athletes: A Systematic Review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(8), 1929-1961. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0951-z>.
- Ejnisman, B., Andreoli, C., De Castro, A., Cohen, M., Bizzini, M., Dvorack, J. & Barbosa, G. (2016). Shoulder injuries in soccer goalkeepers: review and development of a FIFA 11+ shoulder injury prevention program. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 7, 75– 80. <https://doi.org/10.2147/oajsm.s97917>.
- García, F., & Peña López, J. (2016). Efectos de 8 Semanas de Entrenamiento Pliométrico y Entrenamiento Resistido Mediante Trineo en el Rendimiento de Salto Vertical y Esprint en Futbolistas Amateurs. *Kronos: Revista Universitaria de la Actividad Física y el Deporte*, 15(2), 1-10. Recuperado de: <https://n9.cl/tzc9w>

- Hamid, M., Jaafar, Z., & Ali, A. (2014). Incidence and characteristics of injuries during the 2010 FELDA/FAM national futsal league in Malaysia. *PLoS ONE*, 9(4), 2–7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095158>
- Hewett, T., Myer, G., Ford, K., Paterno, M., & Quatman, C. (2016). Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *Journal of Orthopaedic Research*, 34(11), 1843–1855. <https://doi.org/10.1002/jor.23414>.
- Karavelioglu, M. B., Harmanci, H., Kaya, M., & Erol, M. (2016). Effects of Plyometric Training on Anaerobic Capacity and Motor Skills in Female Futsal Players. *The Anthropologist*, 23(30), 355–360. <https://doi.org/10.1080/09720073.2014.11891955>.
- Lagos, C. (2019). *Optimización del rendimiento físico-deportivo en fútbol sala femenino: Desde la epidemiología lesional a una propuesta de intervención*. Tesis Doctoral Universidad de Vigo. España.
- López, M., Vivo, I., Herrero, R., & Pareja, F. (2019). Preseason Injury Characteristics in Spanish Professional Futsal Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 6. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003419>.
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Adaptaciones neuro-musculoesqueléticas y de rendimiento al entrenamiento pliométrico de las extremidades inferiores. *Magazine Sport Medicine* 40(10):859-95. <https://doi.org/10.2165/11318370-000000000-00000>.
- Martinez, L., Herrero, H., Lopez, J., Guillen, P., y Fernandez, T. (2017). Epidemiology of Injuries in the Spanish National Futsal Male Team: A Five-Season Retrospective Study. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 2(1), 4–9. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2016-000180>.
- Mesfin, M., Sangeeta, R. & Molla D. (2015)- Effects of plyometric training on soccer related physical fitness variables of intercollegiate female soccer players. *Turk J Kin*, 1(1): 20-24. Recuperado de: <https://n9.cl/qs5vf>
- Muñoz E, & Duro, P., (2012). El entrenamiento pliométrico en el fútbol sala: ganancias de potencia de salto y de potencia de disparo. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 17 (169), 1-12. Recuperado de: <https://n9.cl/5r51>
- Mueller, H., Haensel, L., Mithoefer, K., Ekstrand, J., English, B., McNally, S., Orchard, J., Van Dijk, N., Kerkhoffs, G., Schamasch, P., Blottner, D., Swaerd, L., Goedhart, E., y Ueblacker, P. (2013). Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement. *British Journal of Sports Medicine*, 47(6), 342–350. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091448>.

- Naser, N., Ali, A., & Macadam, P. (2017). Physical and physiological demands of futsal. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 15(2), 76–80. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2017.09.001>
- Neves da Silva, V. F., Aguiar, S. da S., Sousa, C. V., Sotero, R. da C., Filho, J. M. S., Oliveira, I. Sales, M. M. (2017). Effects of short-term plyometric training on physical fitness parameters in female futsal athletes. *Journal of Physical Therapy Science*, 29(5), 783–788. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.783>.
- Noguera, O & Gamboa, Y. (2018). *Influencia de la pliometría en la velocidad de desplazamiento de las jugadoras de fútbol sala femenino de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca- Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*. Trabajo de grado para optar al título de profesional en Deporte y Actividad Física. Facultad de Educación Programa de Deporte y Actividad Física. Ciencias Aplicadas al Deporte y la Actividad Física. Recuperado de: <https://n9.cl/j5co8>
- Nouni, R.; Carratala, C.; Orozco, D.; López, A., Asensio, M. & Gil, V. (2018). Clinical benefit of the FIFA 11 programme for the prevention of hamstring and lateral ankle ligament injuries among amateur soccer players. *Injury Prevention*, 24(2), 149–154. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2016-042267>.
- Pujals, C., Rubio, V., Marquez, M., Sánchez, I., y Ruiz, R. (2016). Comparative Sport Injury Epidemiological Study on a Spanish Sample of 25 Different Sports. *Revista de Psicología Del Deporte*, 25(2), 271–79. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10486/677646>
- Reina, L. (2020). *Aplicación del Ejercicio Pliométrico como mecanismo para incrementar la Fuerza Explosiva en el tren inferior en futbolistas del Equipo masculino Sub-16 del Club Deportivo “El Nacional”*. Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Magister en Entrenamiento Deportivo. Maestría en Entrenamiento Deportivo. Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica. Centro de Posgrado.
- Rezaimanesh, D., Amiri, P., y Saidian, S. (2011). The Effect of a 4 Week Plyometric Training Period on Lower Body Muscle EMG Changes in Futsal Players. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15, 3138–42. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.260>
- Rodríguez-Gómez, G. A., Merchan, J. A., & Forero, S. A. (2014). Comportamiento de la Fuerza Explosiva, la Agilidad y la Velocidad ante un Calentamiento con Sobrecarga en Futbolistas. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 28(4).
- Romero, B., Cuéllar, A., González, J., Bastida, N., Echarri, E., Gallardo, J., y Paredes, V. (2017). Revisión de los factores de riesgo y los programas de prevención de la lesión

- del ligamento cruzado anterior en fútbol femenino: propuesta de prevención. RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte, 13 (48), 117-138. <https://doi.org/10.5232/ricyde2017.04803>
- Roopchand-Martin S, Lue-Chin P. (2010). Plyometric training improves power and agility in Jamaica's National Netball Team. *West Indian Med J.* 59(2): 182-187. Recuperado de: <https://n9.cl/f0k78>
- Sadoghi, P., von Keudell, A., & Vavken, P. (2012). Effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention training programs. *JBJS*, 94(9), 769-776. <https://doi.org/10.2106/JBJS.K.00467>.
- Sekulic, D., Foretic, N., Gilic, B., Esco, M., Hammami, R., Uljevic, O., Versic, M., & Spasic, M. (2019). Importance of Agility Performance in Professional Futsal Players; Reliability and Applicability of Newly Developed Testing Protocols. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(18), 2-12. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183246>.
- Simbaña, A. (2018). *Los ejercicios pliométricos en la fuerza explosiva del tren Inferior de la selección de futbol femenino de la Liga Deportiva Parroquial Picaihua*. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. Recuperado de: <https://n9.cl/90p6>
- Sinovas, M., Rodríguez, M., & Cerezal, A. (2020). Epidemiology of Injuries in Young Spanish Soccer Players According to the Playing Positions. *Retos*, 83, 459-64. Recuperado de: <https://url2.cl/46Ycw>
- Tomalá E, (2020). *Programa de ejercicios pliométricos para el desarrollo de la fuerza explosiva en futbolistas de la categoría sub 16*. Maestría profesional en Entrenamiento Deportivo. Universidad Estatal de Milagro. UNEMI Ecuador.
- Tsang, K. K., & DiPasquale, A. A. (2011). Improving the Q:H strength ratio in women using plyometric exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(10), 2740-2745. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31820d9e95>.
- Vargas, A (2019). *Pliometría en la prevención de lesiones musculotendinosas en futbolistas profesionales*. Club Deportivo el Nacional Quito. Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Licenciada en Terapia Física y Deportiva. Universidad Nacional de Chimborazo. Facultad de Ciencias de la Salud. Carrera de Terapia Física y Deportiva. Recuperado de: <https://n9.cl/ndj8>
- Van Beljstrveldt, A., Van de Port, I., Krist, M., Schmikli, S., Stubbe, J., Frederiks, J., & Backx, F. (2012). Effectiveness of an injury prevention programme for adult male

amateur soccer players: a cluster-randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 46(16), 1114–1118. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091277>.

Willadsen, E., Zahn, A., & Durall, C. (2019). What Is the Most Effective Training Approach for Preventing Noncontact ACL Injuries in High School-Aged Female Athletes? *Journal of Sport Rehabilitation*, 28(1), 94–98. <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0055>.

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Arias Granizo, W. G. (2021). Importancia del trabajo pliométrico en la prevención de lesiones en jugadores de fútbol sala: Importancia del trabajo pliométrico en la prevención de lesiones en jugadores de fútbol sala. *Ciencia Digital*, 5(2), 16-45. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1531>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Vulnerabilidad física y exposición ante la amenaza de movimientos en masa del Sistema de Agua Potable Culebrillas de la Ciudad de Cuenca



Physical vulnerability and exposure to the threat of mass movements of the Culebrillas Drinking Water Systems of the City of Cuenca

Gladys Marcela Moscoso Vintimilla.¹, José Abelardo Paucar Camacho.² & José Luis Solano Peláez.³

Recibido: 12-02-2021 / Revisado: 23-02-2021 / Aceptado: 10-03-2021/ Publicado: 05-04-2021

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1573>

Introduction: In the city of Cuenca-Ecuador there are several drinking water supply systems, some of which are located in urban expansion areas and exposed to threats. **Object:** To analyze the physical vulnerability and exposure to the threat of mass movements of the Culebrillas drinking water system, which is located in the urban expansion zone and covers a part of the city. **Methodology:** A qualitative methodology was applied and an interview form was used with technicians from the Public Telecommunications Company, Drinking Water and Sewerage Company to collect information on each of the vulnerability indicators of the components of the system, which were weighted to obtain a physical vulnerability index, which allowed determining the level of vulnerability, the criteria for weighting the Delphi method was applied

¹ Universidad Católica de Cuenca, Maestría Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable. Azuay Correo electrónico: gladys.moscoso.76@est.ucacue.edu.ec, gmmv81@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7872-3482>

² Universidad Católica de Cuenca, Universidad Estatal de Bolívar, jose.paucarcamacho@ucacue.edu.ec, apaucar@ueb.edu.ec, <http://orcid.org/0000-0003-2722-1850>.

³ Universidad Católica de Cuenca, Profesor de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción. Supervisor Industrial, Ingeniero Químico y Especialista en Docencia Universitaria por la Universidad Católica de Cuenca; Magister en Sistemas de Gestión Ambiental por la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE; estudiante de Doctorado en Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de las Universidad de Cuyo - Argentina. Correo electrónico: jsolano@ucacue.edu.ec. <http://orcid.org/0000-001-8388-0338>.

Aquaculture and Fisheries and Technical Secretariat for Risk Management. **Results:** The results indicate that the Culebrillas drinking water system in its components: catchment, has an index of 20 points representing the level of low vulnerability; driving, with 25 points equals low; treatment plant with 19,3 points represent low; distribution, which in turn is composed of the distribution reserve tanks with 25,2 points corresponding to low, and the distribution network with 48,8 points Driving, with fewer tanks and distribution network are in high level areas. **Conclusion:** This study constitutes a pilot model to evaluate the other systems that supplies the city of Cuenca, as well as, it could be replicated in other populated centers of the country.

Keywords: drinking water system, vulnerability, mass movement, exposure

Resumen.

Introducción: En la ciudad de Cuenca-Ecuador existen varios sistemas de abastecimiento de agua potable, algunos de los cuales se encuentran en zonas de expansión urbana y expuestos a amenazas. **Objeto:** Analizar la vulnerabilidad física y exposición ante la amenaza de movimientos en masa del sistema de agua potable Culebrillas, que se encuentra en la zona de expansión urbana y cubre una parte de la ciudad. **Metodología:** Se aplicó una metodología cualitativa y se utilizó una ficha de entrevista a técnicos de la Empresa Pública de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado para recolectar información de cada uno de los indicadores de vulnerabilidad de los componentes del sistema, que fueron ponderados para obtener un índice de vulnerabilidad física, el mismo que permitió determinar el nivel de vulnerabilidad, cuyos criterios para la ponderación se aplicó el método Delphi; mientras que, para establecer la exposición ante la amenaza de movimientos en masa de la infraestructura, se utilizó el mapa de movimiento en masa elaborado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca y Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos. **Resultados:** Los resultados indican que el sistema de agua potable Culebrillas en sus componentes: captación, posee un índice de 20 puntos que representa el nivel de vulnerabilidad bajo; conducción, con 25 puntos equivale a bajo; planta de tratamiento con 19,3 puntos representa bajo; distribución, que a su vez está compuesta por los tanques de reservas de distribución con 25,2 puntos que corresponde a bajo y la red de distribución con 48,4 puntos que representa medio; con respecto a la exposición a la amenaza movimiento en masa: la infraestructura de la captación-tanque, en su mayor parte la red de conducción, con menor número de tanques y la red de distribución se encuentran en zonas de nivel alto. **Conclusión:** El presente estudio constituye en un modelo piloto para evaluar los otros sistemas que abastece a la ciudad de Cuenca, así como, se podría replicar en otros centros poblados del país.

Palabras claves: sistemas de agua potable, vulnerabilidad, movimiento en masas, exposición.

Introducción.

El mundo ha experimentado desastres devastadores que han causado graves pérdidas económicas y de vidas humanas que se estima en el 68,5% de las pérdidas económicas mundiales entre 2005 y 2017. Los desastres naturales son motivo de gran preocupación: causaron un daño total de aproximadamente \$ 3,5 billones durante el siglo pasado, que es más que la inversión global en desarrollo de infraestructura en 2014, como menciona (Sweya & Wilkinson, 2021) las infraestructuras seguirán sufriendo si no se mejora la resiliencia.

El Ecuador por sus características geográficas se encuentra expuesto a múltiples amenazas y fenómenos naturales, que se vuelven destructivos, en buena parte por la falta de aplicación de la variable “riesgo natural” en las actividades de desarrollo y en especial en la planificación y utilización adecuados del territorio, respetando a la naturaleza y a sus fenómenos. (Carrizosa, M., Cohen, M., Gutman, M., Leite, F., López, D., Nesprias, J., ... Versace, 2019).

La administración del riesgo de desastres debe integrarse o transversalizarse en la gestión del desarrollo desde los diferentes ámbitos y ordenar el territorio apropiadamente, evitando la generación de nuevos riesgos y la reducción de daños y pérdidas causados por desastres, a través del control de las condiciones de riesgo existentes y de la transferencia del mismo. (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2019).

La ciudad de Cuenca en Ecuador, presenta una aproximación a la resiliencia urbana caracterizada, en mayor medida que los demás casos, por el componente ambiental. En su larga historia, desde el asentamiento precolombino hasta la actualidad, la población ha demostrado un abordaje del riesgo de inundación que se basa en la preservación ecológica y en un alto grado de conciencia y respeto por la variabilidad de los ríos. Mientras que las estrategias convencionales para manejar los ríos urbanos se han enfocado en controlar los flujos con la construcción de muros de concreto y canalizaciones, por otro lado ha demostrado conciencia social de los riesgos y los beneficios del río. Históricamente y hasta la fecha, los ríos han ofrecido una gran variedad de funciones, actuando como un punto de encuentro para las interacciones sociales. Así también se depende del sistema fluvial no solo para el agua potable, sino también para la generación de energía hidroeléctrica, lo que vuelve importante a la región montañosa circundante, cuyas corrientes de agua alimentan a los ríos, es fundamental para las estrategias de desarrollo a lo largo plazo de la urbe. (Carrizosa, M., Cohen, M., Gutman, M., Leite, F., López, D., Nesprias, J., ... Versace, 2019)

El análisis y la evaluación de riesgos para el servicio de agua integrada relacionados con peligros naturales y/o de origen humano, son amenazas en las cuales se basa la ecuación que correlaciona el riesgo con la probabilidad de ocurrencia de un evento adverso, es decir, vulnerabilidad y consecuencias. (Gnavi, L., Taddia, G., & Russo, 2015).

El abastecimiento de agua potable es un factor importante dentro de la sociedad ya que provee de líquido vital a los habitantes y garantiza la calidad de vida por lo tanto su correcto funcionamiento es prioritario, su ausencia puede causar impactos dentro de la salud, por ende, se hace necesario contar con un análisis de vulnerabilidad de esta infraestructura desde su captación, conducción, tratamiento y distribución, con el fin de proyectarse a un adecuado manejo y administración de las instalaciones.

La Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (*Etapa EP*, 2021) cuenta con el sistema de distribución de agua potable conformado por 22 zonas de presión, cada una con un centro de reserva con la posibilidad de interconexión en casos de emergencia. El sistema es efectuado completamente a gravedad, salvo dos sectores altos de la ciudad. Dependiendo del caudal que produce cada una de las plantas, éstas abastecen a un número definido de sectores, agrupándose en 4 zonas urbanas (El Cebollar, Sustag, Tixán, San Pedro).

El sistema Culebrillas se abastece desde el río del mismo nombre, la planta de tratamiento formada por tres unidades parcialmente comunicadas se encuentra en el sector de San Pedro del Cebollar y es la que abastece al sistema. La primera planta (planta antigua, 1996) construida de hormigón armado, tiene una capacidad de 30 litros/segundo y es de tipo convencional. La segunda planta es metálica prefabricada y es de tipo convencional, tiene una capacidad de 15 litros/segundo, entro en funcionamiento en el 2009, la tercera planta (planta nueva) es metálica prefabricada y con tratamiento de aireación filtración con una capacidad de 150 litros/segundo, fue construida entre el 2014 y 2015. (Piedra, 2017).

Según (Jimenez, 2013) un sistema de abastecimiento de agua potable, tiene como finalidad primordial, la de entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades, ya que como se sabe los seres humanos estamos compuestos en un 70% de agua, por lo que este líquido es vital para la supervivencia.

Un sistema moderno de abastecimiento de agua como se expone en (Comisión Nacional del Agua, 2007) se compone de instalaciones para la captación, almacenamiento, conducción, bombeo, tratamiento y distribución. Las obras de captación y almacenamiento permiten reunir las aguas aprovechables de ríos, manantiales y depósitos subterráneos; incluyen actividades como el desarrollo y cuidado de la cuenca de aportación, pozos y manantiales, así como la construcción de presas y de galerías filtrantes. La conducción incluye canales y acueductos, así como instalaciones complementarias de bombeo para transportar el agua desde la fuente hasta el centro de distribución. El tratamiento es la serie de procesos que le dan al agua la calidad requerida. Finalmente, la distribución es dotar de agua al usuario, para su consumo.

Los métodos cualitativos generalmente requieren menos insumos datos; la evaluación de riesgo cualitativa más común es el riesgo clasificación. La estimación de riesgos con

matrices de riesgos es una herramienta útil y herramienta eficiente y fácil de comprender y presentar datos.(Gnavi, L., Taddia, G., & Russo, 2015)

Los movimiento en masa representan los principales peligros geológicos en todo el mundo y se define como “grandes masas de roca y suelo que caen, se deslizan o fluyen” (Paucar, 2016) de (Pilatasig, 2009, lámina 8).

La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso determinado, en este caso movimientos en masa. La estimación de la susceptibilidad se basa en la correlación de los principales factores (intrínsecos) que contribuyen en la formación de movimientos en masa. Los mapas de susceptibilidad, se realizan a partir de datos cartográficos de tipo topográfico, geomorfológico, litológico, estructural, vegetación, usos de suelos y otros.(Villacorta et al., 2012).

Según (Decisión, 2018) la Vulnerabilidad son las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos, y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una persona, comunidad, bienes o sistemas al impacto de amenazas

El presente estudio contiene la evaluación cualitativa de vulnerabilidad física del Sistema Culebrillas de Agua Potable de la ciudad de Cuenca; puesto que la importancia de analizar la exposición a la amenaza, de los componentes del sistema y en conjunto, a los movimientos en masa, es una manera identificar zonas de riesgo con lo cual nos ayuda a tomar acciones preventivas en los componentes ya construidos e identificar los lugares en los cuales no se deberían extender el crecimiento de los centros poblados.

Metodología.

Las redes de agua potable como parte de las infraestructuras esenciales permiten la funcionalidad de un territorio en “tiempos normales” y en períodos de afectación por “desastres”, su interrupción o desabastecimiento puede provocar problemas críticos en la salubridad, higiene y la salud de la población (Paucar, 2016). Por consiguiente, es necesario realizar la evaluación de la vulnerabilidad, que de acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) “es la susceptibilidad a la pérdida de un elemento o conjunto de elementos como resultado de la ocurrencia de un desastre”, por lo tanto, pueden afectar a la normal distribución de agua potable (OPS/OMS, 1998).

La vulnerabilidad de los sistemas de agua potable ante los desastres en su mayoría se encuentra ligado a los componentes físicos del sistema. Es por ello que, que se evaluó la vulnerabilidad física y exposición a la amenaza de movimientos en masa (deslizamientos, caída de bloques y flujos) que son eventos cuya masa generalmente se desplaza en conjunto, puede seguir en movimiento a lo largo de cientos de metros y alcanzar velocidades muy elevadas, los mismos que pueden afectar a las infraestructuras que se

encuentran en su zona de influencia (Vivienda, 2003); además, que se pueden presentar con mayor recurrencia (anualmente) en períodos lluvioso.

La ciudad de Cuenca es uno de los centros urbanos más poblados de Ecuador, el servicio de agua potable es otorgada a través de Empresa Pública de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA E.P.) que posee un total de 152.214 usuarios, que se abastece a través de seis sistemas de agua: Chulco Soroche, Culebrillas, Yanauncay, Tomebamba, Machángara, Sayausí. Para el presente estudio, se estableció como modelo piloto al sistema de agua potable Culebrillas, que cubre a la población de la parte norte de la zona de expansión urbana, con un total de 7.755 usuarios que representa el 5,09% de cobertura; adicionalmente, los técnicos municipales, consideran que es necesario evaluar la vulnerabilidad y exposición ya que cubre una zona que está en proceso de expansión y consolidación urbana, por lo tanto, se requerirá ampliar la cobertura en la que se debe incluir estrategias y medidas de prevención y reducción (*Etapa EP*, 2021).

Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad física a movimientos en masa

El análisis de la vulnerabilidad física del sistema de agua potable Culebrillas se realizó mediante una metodología cualitativa, que se basa en la descripción de las condiciones o características físicas de las infraestructuras de cada componente del sistema ((PNUD), 2012). En este caso, en el componente de captación, se evaluó el tanque; en la conducción, la red de tubería; en el tratamiento, los tanques; en la distribución los tanques de reserva y la red de tubería de distribución.

Para cada uno de los componentes del sistema de agua se consideró siete variables: 1) estudios técnicos para estabilidad del terreno, 2) material de construcción, 3) antigüedad, 4) estándares de diseño y construcción, 5) mantenimiento, 6) estado actual y 7) proyectos y/o medidas de reducción de riesgos. A través del método Delphi (criterio basado en expertos), para los indicadores de cada componente, se estableció escalas cualitativas, a las mismas que se estableció valores entre 1 a 10, según su condición o característica física que tiene menor o mayor incidencia en la vulnerabilidad; de igual forma, a cada indicador se asignó un peso de ponderación, distribuidos entre 1 a 10) de acuerdo a la importancia que tendría en la funcionalidad y vulnerabilidad de cada componente del sistema. Finalmente, al multiplicar el valor del indicador por el peso de ponderación se obtiene el valor máximo, cuya sumatoria da como resultado el Índice de Vulnerabilidad Física que a su vez determina el nivel de vulnerabilidad del componente del sistema.

A continuación, en las tablas del 1 al 5 se presenta los criterios de ponderación de vulnerabilidad ante la amenaza de movimientos en masa de cada uno de los componentes del sistema de agua potable Culebrillas, en los mismos que se aplicó el proceso metodológico descrito en el párrafo anterior.

Componente	Indicadores	Escala cualitativa	Valor indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Captación	Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios y aplicó	1,0	1,0	10,0
		Se realizó estudios, pero no se aplicó	5,0		
		No se realizó estudios	10,0		
	Material de construcción	Hormigón	1,0	2,5	25,0
		Asbesto cemento	5,0		
		Mampostería de piedra y/o de ladrillo	10,0		
	Antigüedad	0 a 25 años	1,0	1,5	15,0
		25 a 50 años	5,0		
		> de 50 años	10,0		
	Estándares de diseño y construcción	Ninguna	10,0	1,0	10,0
		Norma IEOS	5,0		
		Norma MIDUVI o local	1,0		
	Mantenimiento	Planificado	1,0	1,5	15,0
		Esporádico	5,0		
		Ninguno	10,0		
	Estado actual	Bueno	1,0	1,0	10,0
Regular		5,0			
Malo		10,0			
Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Se planifica y ejecuta	1,0	1,5	15,0	
	Se planifica, pero no se ejecuta	5,0			
	No se planifica ni ejecuta	10,0			
Índice de vulnerabilidad				10,0	100,0

Tabla 1. Criterios para la ponderación de la vulnerabilidad física del Componente Captación
Fuente: Elaboración propia

Componente	Indicadores	Escala cualitativa	Valor indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Conducción	Estudios técnicos para estabilidad del terreno	Se realizó estudios y aplicó	1,0	1,0	10,0
		Se realizó estudios, pero no se aplicó	5,0		
		No se realizó estudios	10,0		
	Material de construcción (tubería)	PVC	5,0	2,5	25,0
		Hierro Dúctil (HD)	1,0		
		Asbesto o cemento	10,0		
	Antigüedad	0 a 25 años	1,0	1,5	15,0
		25 a 50 años	5,0		
		> de 50 años	10,0		
	Estándares de diseño y construcción	Ninguna	10,0	1,0	10,0
		Norma IEOS	5,0		
		Norma MIDUVI o local	1,0		
	Mantenimiento	Planificado	1,0	1,5	15,0
		Esporádico	5,0		
		Ninguno	10,0		
	Estado actual	Bueno	1,0	1,0	10,0
Regular		5,0			
Malo		10,0			
Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Se planifica y ejecuta	1,0	1,5	15,0	
	Se planifica, pero no se ejecuta	5,0			
	No se planifica ni ejecuta	10,0			
Índice de vulnerabilidad				10,0	100,0

Tabla 2. Criterios para la ponderación de la vulnerabilidad física del Componente Conducción
Fuente: Elaboración propia

Componente	Indicadores	Escala cualitativa	Valor indicador	Peso ponderación	Valor máximo	
Tratamiento	Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios y aplicó	1,0	1,0	10,0	
		Se realizó estudios, pero no se aplicó	5,0			
		No se realizó estudios	10,0			
	Material de construcción	Planta de hormigón	Planta de hormigón	1,0	2,5	25,0
			Planta de asbesto cemento	5,0		
			Planta de mampostería de ladrillo	10,0		
		Planta prefabricada	Planta prefabricada	5,0		
			Planta metálica	5,0		
			Planta DAFI: Acero	1,0		
	Antigüedad	Inoxidable-Aceros y hormigón	0 a 25 años	1,0	1,5	15,0
			25 a 40 años	5,0		
			> de 40 años	10,0		
	Estándares de diseño y construcción	Ninguna	Ninguna	10,0	1,0	10,0
			Norma IEOS	5,0		
			Norma MIDUVI o local	1,0		
	Mantenimiento	Planificado	Planificado	1,0	1,5	15,0
			Esporádico	5,0		
			Ninguno	10,0		
Estado actual	Bueno	Bueno	1,0	1,0	10,0	
		Regular	5,0			
Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Malo	Regular	5,0	1,0	10,0	
		Malo	10,0			
		Se planifica y ejecuta	1,0			
		Se planifica, pero no se ejecuta	5,0	1,5	15,0	
		No se planifica ni ejecuta	10,0			
Índice de vulnerabilidad				10,0	100,0	

Tabla 3. Criterios para la ponderación de la vulnerabilidad física del componente tratamiento
 Fuente: Elaboración propia

Componente	Indicadores	Escala cualitativa	Valor indicador	Peso ponderación	Valor máximo				
Tanques de distribución	Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios y aplicó	1,0	1,0	10,0				
		Se realizó estudios, pero no se aplicó	5,0						
		No se realizó estudios	10,0						
	Material de construcción	Hormigón Armado	Hormigón Armado	1,0	2,5	25,0			
			Ferro cemento	Ferro cemento			5,0		
				Mampostería de ladrillo			Mampostería de ladrillo	10,0	
		Mampostería de piedra					10,0		
		Antigüedad	0 a 25 años	0 a 25 años			1,0	1,5	15,0
				25 a 40 años			5,0		
	> de 40 años			10,0					
	Estándares de diseño y construcción	Ninguna	Ninguna	10,0	1,0	10,0			
			Norma IEOS	5,0					
			Norma MIDUVI o local	1,0					
	Mantenimiento	Planificado	Planificado	1,0	1,5	15,0			
			Esporádico	5,0					
			Ninguno	10,0					
	Estado actual	Bueno	Bueno	1,0	1,0	10,0			
			Regular	5,0					

	Malo	10,0		
Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Se planifica y ejecuta	1,0		
	Se planifica, pero no se ejecuta	5,0	1,5	15,0
	No se planifica ni ejecuta	10,0		
Índice de vulnerabilidad			10,0	100,0

Tabla 4. Criterios para la ponderación de la vulnerabilidad física del componente tanques de distribución

Fuente: Elaboración propia

Componente	Indicadores	Escala cualitativa	Valor indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Red de distribución	Estudios técnicos para estabilidad del terreno	Se realizó estudios y aplicó	1,0		
		Se realizó estudios, pero no se aplicó	5,0	1,0	10,0
		No se realizó estudios	10,0		
	Material de construcción (tubería)	PVC	5,0		
		PVC-TOM	1,0		
		Hierro Dúctil (HD)	1,0	2,5	25,0
		Politubo	10,0		
		Asbesto o cemento	10,0		
	Antigüedad	0 a 25 años	1,0		
		25 a 40 años	5,0	1,5	15,0
		> de 40 años	10,0		
	Estándares de diseño y construcción	Ninguna	10,0		
		Norma IEOS	5,0	1,0	10,0
		Norma MIDUVI o local	1,0		
	Mantenimiento	Planificado	1,0		
		Esporádico	5,0	1,5	15,0
		Ninguno	10,0		
	Estado actual	Bueno	1,0		
		Regular	5,0	1,0	10,0
		Malo	10,0		
	Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Se planifica y ejecuta	1,0		
		Se planifica, pero no se ejecuta	5,0	1,5	15,0
		No se planifica ni ejecuta	10,0		
Índice de vulnerabilidad			10,0	100,0	

Tabla 5. Criterios para la ponderación de la vulnerabilidad física del componente red de distribución

Fuente: Elaboración propia

Los valores de los índices de cada componente del sistema permiten determinar el nivel de vulnerabilidad en base a los criterios que se presentan en la tabla 6.

Rangos de índice	Nivel de vulnerabilidad y color de representación
De 1 a 33 puntos	Baja
De 34 a 66 puntos	Media
De 67 a 100 puntos	Alta

Tabla 6. Rangos de índices y nivel de vulnerabilidad para el sistema de agua potable Culebrillas

Fuente: Elaboración propia

Para la recopilación de información de cada uno de los indicadores de evaluación de la vulnerabilidad de los componentes del sistema de agua potable Culebrillas, se aplicó una ficha de entrevista a 2 técnicos responsables del mantenimiento y operación del sistema que laboran y poseen experiencia entre 15 a 25 años en la empresa pública ETAPA E.P.

Metodología para el análisis de movimientos en masa

Para el análisis de la exposición de la infraestructura física de los componentes del sistema de agua Culebrilla a la amenaza de movimientos en masa se ha considerado dos etapas:

La primera recopilación de información existente sobre el mapa de amenaza de los movimientos en masa del Ecuador, en formato shape file a escala 1:250.000, elaborado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuacultura y Pesca – MAGAP y la Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos – STGR, actualizada al año 2014 y disponible en la página web del Servicio Nacional de Información (MAGAP, 2014). Además, se recopiló archivos en formato shape file, de la ciudad de Cuenca, proporcionada por la Empresa Pública de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado ETAPA E.P. (Gerencia de Agua Potable y Saneamiento).

La segunda fase, se procesó la información, el análisis y representación de mapas temáticos mediante el Sistema de Información Geográfica a través del software ARC GIS (10.1), con licencia de la Universidad Católica de Cuenca. Adicionalmente, se debe mencionar que, de igual forma, se representan la vulnerabilidad en el software antes mencionado.

En la metodología utilizada para el análisis de movimiento en masa se ha considerado dos etapas:

La primera recopilación de información existente sobre los movimientos en masa en el Ecuador. (MAGAP, 2014), información geográfica del Sistema Culebrillas de la Ciudad de Cuenca, proporcionada por la Empresa Pública de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado (Gerencia de Agua Potable y Saneamiento).

La segunda fase, se procesó la información, el análisis y representación de mapas temáticos mediante el Sistema de Información Geográfica a través del software ARC GIS (10.1), con licencia de la Universidad Católica de Cuenca. Cabe mencionar que, para establecer el nivel de exposición, en base al mapa del MAGAP y STGR, se consideraron las zonas de nivel alto, medio (se unió el nivel mediana y moderada por ser niveles de la misma categoría) y baja. Adicionalmente, se debe mencionar que, de igual forma, se representan la vulnerabilidad en el software antes mencionado.

Resultados.

Análisis de vulnerabilidad y exposición del componente captación

Se realizó el análisis del componente captación, el tanque fue construido en el 2007, se realizó estudios geotécnicos para la cimentación, su estructura es de hormigón armado y se construyó un muro de cimentación, es por ello que, se obtuvo un índice de vulnerabilidad física de 20 puntos que representa el nivel vulnerabilidad **bajo** como se observa en la **tabla 7**; con respecto a la exposición a los movimientos en masa, el tanque de captación se encuentra en una zona de nivel **alta** (ver **tabla 12** y **mapa 1**).

Componente: captación	Número de tanques	Indicadores	Condición del sistema	Valor de indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Captación	1	Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios y aplicó	1	1,0	1,0
		Material de construcción	Hormigón	1	2,5	2,5
		Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
		Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Esporádico	5	1,5	7,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0
		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Se planifica y ejecuta	1	1,5	1,5
Total	1	Índice de vulnerabilidad			10,0	20,0
		Nivel de vulnerabilidad				Bajo

Tabla 7. Resultados Análisis de vulnerabilidad física del componente captación

Fuente: Elaboración propia

Análisis de vulnerabilidad y exposición del componente conducción

Al analizar la red de conducción es del año 2007, en la tubería principal es de Hierro Dúctil, por lo que su índice vulnerabilidad es de 20 puntos (nivel bajo), además, posee tubería PVC en mínima extensión que influye en el índice que es de 30 puntos (bajo); el índice de vulnerabilidad física promedio de este componente es de 25 puntos que equivale al nivel de vulnerabilidad **bajo** como se observa en la **tabla 8**. Sin embargo, un 51,7% de la tubería se encuentra en una zona de nivel de exposición a movimiento en masa **alta** y 45,4% nivel **media**, como se observa en la **tabla 12** y **mapa 1**.

Componente: conducción	Longitud en km	Indicadores	Condición del sistema	Valor de indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Tubería de conducción	6,89	Estudios técnicos para estabilidad del terreno	Se realizó estudios y aplicó	1	1,0	1,0
		Material de construcción (tubería)	Hierro Dúctil (HD)	1	2,5	2,5
		Antigüedad	0 a 25 años (año 2007)	1	1,5	1,5
		Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Esporádico	5	1,5	7,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0
		Proyectos y/o medidas de	Se planifica y ejecuta	1	1,5	1,5

		reducción de riesgos				
		Índice de vulnerabilidad		10,0		20,0
		Nivel de vulnerabilidad				Bajo
Tubería de conducción	0,37	Estudios técnicos para estabilidad del terreno	Se realizó estudios y aplicó	1	1,0	1,0
		Material de construcción (tubería)	PVC	5	2,5	12,5
		Antigüedad	0 a 25 años (año 2007)	1	1,5	1,5
		Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Esporádico	5	1,5	7,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0
		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Se planifica y ejecuta	1	1,5	1,5
		Índice de vulnerabilidad			10,0	
		Nivel de vulnerabilidad				Bajo
Total	7,26	Promedio del Índice de Vulnerabilidad				25,0
		Nivel de vulnerabilidad				Bajo

Tabla 8. Resultados Análisis de vulnerabilidad física del componente captación
Fuente: Elaboración propia

Análisis de vulnerabilidad y exposición del componente tratamiento

Se analizó 3 plantas existentes como se observa en la **tabla 9**, la planta antigua de hormigón armado pese a ser construido en 1996, sin embargo por su estructura incide en el índice de 20 puntos (bajo), mientras que, la planta metálica prefabricada del año 2009, por su tipo de material el índice de 24 puntos (bajo), por su parte la planta nueva DAFFI del año 2015, por su tecnología y material posee el índice más bajo con 14 puntos (bajo); el índice promedio de este componente es de 19,3 puntos que representa el nivel de vulnerabilidad **Bajo**. En relación a la exposición a movimiento en masa, las plantas de tratamiento se encuentran en una zona **media** (ver **tabla 12** y **mapa 1**).

Componente: plantas de tratamiento	Número de plantas	Indicadores	Condición del sistema	Valor de indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Planta antigua de hormigón armado	1	Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios y aplicó	1	1,0	1,0
		Material de construcción	Hormigón	1	2,5	2,5
		Antigüedad	25 a 40 años	5	1,5	7,5
		Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Planificado	1	1,5	1,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0
		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Se planifica y ejecuta	1	1,5	1,5
		Índice de vulnerabilidad				10,0
		Nivel de vulnerabilidad				Bajo
Planta metálica prefabricada	1	Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios y aplicó	1	1,0	1,0
		Material de construcción	Metálica	5	2,5	12,5
		Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5

		Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Planificado	1	1,5	1,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0
		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Se planifica y ejecuta	1	1,5	1,5
		Índice de vulnerabilidad			10,0	24,0
		Nivel de vulnerabilidad				Bajo
		Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios y aplicó	1	1,0	1,0
		Material de construcción	Acero Inoxidable-Aceros, Hormigón	1	2,5	2,5
		Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
Planta nueva DAFFI	1	Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Planificado	1	1,5	1,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0
		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Se planifica y ejecuta	1	1,5	1,5
		Índice de vulnerabilidad			10,0	14,0
		Nivel de vulnerabilidad				Bajo
Total	3	Promedio del Índice de Vulnerabilidad				19,3
		Nivel de vulnerabilidad				Bajo

Tabla 9. Resultados Análisis de vulnerabilidad física del componente Planta de Tratamiento
Fuente: Elaboración propia

Análisis de vulnerabilidad y exposición del componente distribución

Los tanques de reserva para distribución, los 2 tanques localizados en planta San Pedro y Santísima Trinidad, por ser de hormigón armado y menores a 25 años influyen en el índice de 18 punto (nivel bajo), mientras que, 1 tanque de la planta Antigua de Miraflores, pese a ser de hormigón, pero, por ser entre 25 a 40 años incide en el índice de 24 puntos (bajo); por su parte, los 7 tanques restante, pese a ser menores de 25 años, por ser de material ferro-cemento influyen en el índice de 28 punto (bajo). El promedio de los 10 tanques de reserva de distribución analizados es de 25,2 puntos que representa el nivel de vulnerabilidad **bajo** como se observa en la **tabla 10**. Mientras que, el análisis de exposición a movimiento en masa, el tanque de reserva de Santísima Trinidad se encuentra en una zona de **alta** y el 80% de los tanques se localizan en la zona **media** (ver **tabla 12** y **mapa 1**).

Componente: tanques de Reserva (distribución)	Número de tanques	Indicadores	Condición del sistema	Valor de indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Tanques: Planta San Pedro y Santísima Trinidad	2	Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios, pero no se aplicó	5	1,0	5,0
		Material de construcción	Hormigón	1	2,5	2,5
		Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5

		Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Planificado	1	1,5	1,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0
		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Se planifica y ejecuta	1	1,5	1,5
		Índice de vulnerabilidad			10,0	18,0
		Nivel de vulnerabilidad				Bajo
		Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios, pero no se aplicó	5	1,0	5,0
		Material de construcción	Hormigón	1	2,5	2,5
		Antigüedad	25 a 40 años	5	1,5	7,5
Tanques: Planta Antigua de Miraflores	1	Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Planificado	1	1,5	1,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0
		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Se planifica y ejecuta	1	1,5	1,5
		Índice de vulnerabilidad			10,0	24,0
		Nivel de vulnerabilidad				Bajo
		Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios, pero no se aplicó	5	1,0	5,0
		Material de construcción	Ferro-cemento	5	2,5	12,5
		Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
Tanques: Reserva 1 y Reserva 2 de San Pedro	2	Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Planificado	1	1,5	1,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0
		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Se planifica y ejecuta	1	1,5	1,5
		Índice de vulnerabilidad			10,0	28,0
		Nivel de vulnerabilidad				Bajo
		Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios, pero no se aplicó	5	1,0	5,0
		Material de construcción	Ferro-cemento	5	2,5	12,5
		Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
Tanque de Reserva: Pan de Azúcar 1, Pan de Azúcar 2, Pan de Azúcar 2,1	3	Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Planificado	1	1,5	1,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0
		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Se planifica y ejecuta	1	1,5	1,5
		Índice de vulnerabilidad			10,0	28,0

		Nivel de vulnerabilidad			Bajo	
Tanque de Reserva: Sigsicocha 1 y 2	2	Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios, pero no se aplicó	5	1,0	5,0
		Material de construcción	Ferro-cemento	5	2,5	12,5
		Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
		Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Planificado	1	1,5	1,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0
		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	Se planifica y ejecuta	1	1,5	1,5
		Índice de vulnerabilidad			10,0	28,0
Nivel de vulnerabilidad					Bajo	
Total	10	Promedio del Índice de Vulnerabilidad			25,2	
Nivel de vulnerabilidad					Bajo	

Tabla 10. Resultados Análisis de vulnerabilidad física del componente Tanques de Reserva distribución

Fuente: Elaboración propia

La red de distribución, la tubería de PVC por el tipo de material incide en el índice de 41,5 (nivel medio), mientras que, la tubería PVC-TOM, por ser de mayor vida útil que la anterior, influye en el índice de 31,5 (bajo), por su parte, la tubería de politubo por su material y antigüedad registra el índice de 60 punto (medio), de igual forma, la tubería de asbesto cemento y por su antigüedad posee el índice más alto con 67,5 puntos (nivel alto); el índice promedio de la red de distribución es de 48,4 puntos que representa un nivel de vulnerabilidad **medio** como se observa en la **tabla 11**. Con respecto al análisis de exposición a movimiento en masa, la red de tubería entre el tanque de tratamiento y los tanques de reserva de distribución, posee en su mayor parte nivel medio (63,9%), seguido del nivel bajo (21,1%) y nivel alto (15,5%); mientras que los tanques de reserva, en la zona alta se localiza 1 tanque, 1 en la zona baja, y 8 en la zona media; por su parte, la red de distribución, en su orden registra niveles de exposición: media (63,7%), baja (21,1%) y alta (15,2%) como muestra en la **tabla 12** y **mapa 1**.

Componente: red distribución	Longitud en km	Indicadores	Condición del sistema	Valor de indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Red de distribución nueva (tubería con PVC)	155,73	Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios, pero no se aplicó	5	1,0	5,0
		Material de construcción	PVC	5	2,5	12,5
		Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
		Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Planificado	1	1,5	1,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0

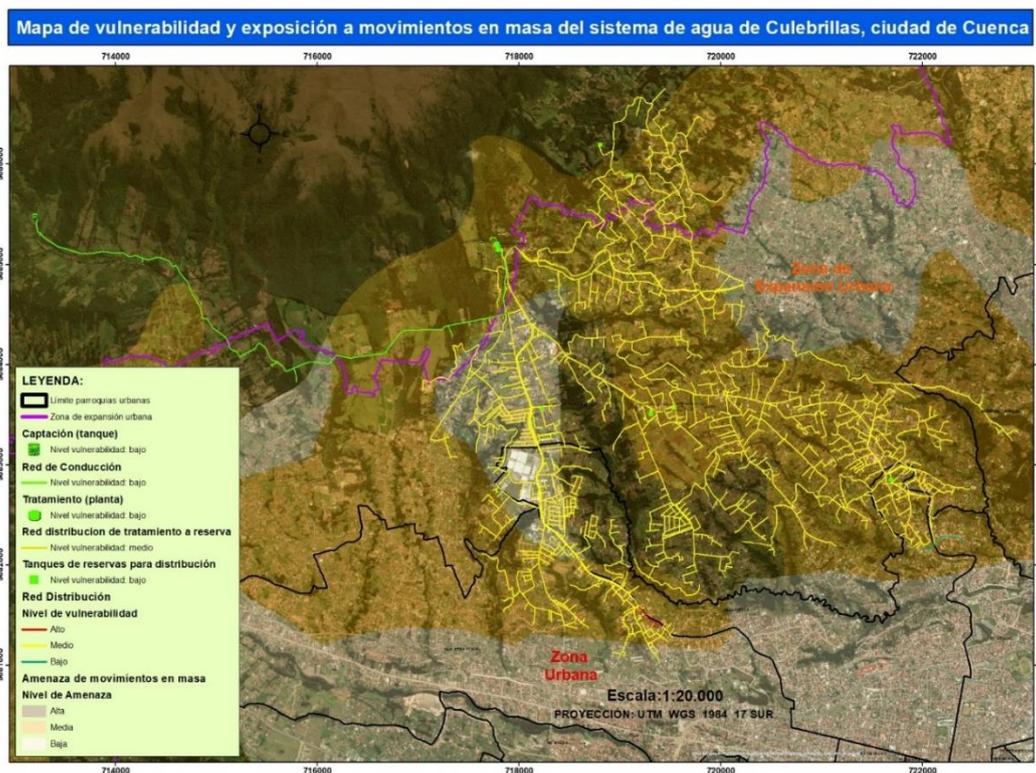
		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	No se planifica ni ejecuta	10	1,5	15,0
		Índice de vulnerabilidad			10,0	41,5
		Nivel de vulnerabilidad				Medio
Red de distribución nueva (tubería con PVC-TOM)	0,51	Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios, pero no se aplicó	5	1,0	5,0
		Material de construcción	PVC - TOM	1	2,5	2,5
		Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
		Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Planificado	1	1,5	1,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0
		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	No se planifica ni ejecuta	10	1,5	15,0
		Índice de vulnerabilidad			10,0	31,5
		Nivel de vulnerabilidad				Bajo
Red de distribución antigua (tubería de asbesto cemento)	0,33	Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios, pero no se aplicó	5	1,0	5,0
		Material de construcción	asbesto cemento	10	2,5	25,0
		Antigüedad	Mayor a 40 años	10	1,5	15,0
		Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Planificado	1	1,5	1,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0
		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	No se planifica ni ejecuta	10	1,5	15,0
		Índice de vulnerabilidad			10,0	67,5
		Nivel de vulnerabilidad				Alto
Red de distribución antigua (tubería de politubo)	0,28	Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios, pero no se aplicó	5	1,0	5,0
		Material de construcción	Politubo	10	2,5	25,0
		Antigüedad	De 25 a 40 años	5	1,5	7,5
		Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Planificado	1	1,5	1,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0
		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	No se planifica ni ejecuta	10	1,5	15,0
		Índice de vulnerabilidad			10,0	60,0
		Nivel de vulnerabilidad				Medio
Red de distribución Tanques de Reserva (tubería con PVC)	7,037	Estudios técnicos para cimentación	Se realizó estudios, pero no se aplicó	5	1,0	5,0
		Material de construcción	PVC	5	2,5	12,5
		Antigüedad	0 a 25 años	1	1,5	1,5
		Estándares de diseño y construcción	Norma IEOS	5	1,0	5,0
		Mantenimiento	Planificado	1	1,5	1,5
		Estado actual	Bueno	1	1,0	1,0

		Proyectos y/o medidas de reducción de riesgos	No se planifica ni ejecuta	10	1,5	15,0
		Índice de vulnerabilidad			10,0	41,5
		Nivel de vulnerabilidad				Medio
Total	163,887	Promedio del Índice de Vulnerabilidad				48,4
		Nivel de vulnerabilidad				Medio

Tabla 11. Resultados Análisis de vulnerabilidad física del componente distribución
Fuente: Elaboración propia

Componentes del sistema de agua	Infraestructura del Sistema	Nivel exposición a movimiento en masa						Total	
		Alta		Media		Baja		Long. en km ó número	%
		Long. en km ó número	%	Long. en km ó número	%	Long. en km ó número	%		
Captación	Tanques de captación	1,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,000	100,0
Conducción	Línea de conducción	3,75	51,7	3,30	45,4	0,21	3,0	7,262	100,0
Tratamiento	Planta de tratamiento	0,0	0,0	1,0	100,0	0,0	0,0	1,000	100,0
Distribución	Red distribución reservas	1,1	15,0	4,50	63,9	1,48	21,1	7,037	100,0
	Tanques de reserva	1,0	10,0	8,0	80,0	1,0	10,0	10,000	100,0
	Red de distribución	23,9	15,2	99,9	63,7	33,0	21,1	156,850	100,0

Tabla 12. Resultados análisis de Nivel exposición a movimientos en masa del sistema de agua potable Culebrillas
Fuente: Elaboración propia



Mapa 1. Resultados Análisis de Riesgo a Movimientos en Masa del Sistema de Agua Culebrillas
Fuente: Elaboración propia

Conclusiones.

- Se evaluó y se obtuvo los índices y niveles de vulnerabilidad de los componentes de: captación, conducción, tratamiento y la distribución del sistema de agua potable Culebrillas que presenta en promedio el índice y niveles de vulnerabilidad física baja y media; debido principalmente a que los componentes del sistema cumplen en su mayoría con los parámetros en la fase de diseño y construcción; sin embargo, existen indicadores que no disponen de información o no se cumplen como los proyectos y/o medidas de reducción de riesgos y el mantenimiento es esporádico.
- Las tuberías de asbesto cemento en tramos de la red de distribución, debido a su antigüedad ya cumplieron con su vida útil, por ello causan un nivel de vulnerabilidad alto al componente del sistema; además, el desprendimiento y suspensión de fibras de amianto en el interior de la tubería podrían poner en riesgo a la salud, por lo que se requiere con prioridad ser remplazadas.
- Según el mapa de amenaza de movimientos en masa se estableció que la captación y en su mayor parte la línea de conducción del sistema de agua potable Culebrillas, están asentadas en una zona de alta exposición, por lo que se debe incluir medidas como estabilización de taludes y refuerzos de componentes para la reducción del riesgo de afectación por deslizamientos.
- Los resultados de la investigación constituyen un aporte para la actualización de los Planes de Gestión del Riesgo de la Empresa Pública de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca, lo que contribuirá a establecer medidas y estrategias de reducción en la infraestructura del sistema de agua potable Culebrillas. Además, se constituye en un modelo piloto para evaluar los otros sistemas que abastece a la ciudad de Cuenca, así como, se podría replicar en otros centros poblados del país.

Agradecimientos.

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo; así como, el agradecimiento a la Empresa Pública de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca, por las facilidades brindadas en el presente estudio.

Referencias bibliográficas.

- (PNUD), E. S. N. de G. de R. (SNGR); P. de las N. U. para el D. (2012). *Documento: Guía de implementación análisis de vulnerabilidad a nivel municipal*. Guía de Implementación Análisis de Vulnerabilidad a Nivel Municipal. <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2201/doc2201.htm>

- Carrizosa, M., Cohen, M., Gutman, M., Leite, F., López, D., Nesprias, J., ... Versace, I. (2019). E. el riesgo. N. prácticas de resiliencia urbana en A. L. C. C. R. from <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/141>. (2019). *9 lecciones para reducir el efecto de desastres naturales en las ciudades latinoamericanas*. Carrizosa, M., Cohen, M., Gutman, M., Leite, F., López, D., Nesprias, J., ... Versace, I. (2019). *Enfrentar El Riesgo. Nuevas Prácticas de Resiliencia Urbana En América Latina*. Caracas: CAF. Retrieved from <Http://Scioteca.Caf.Com/Handle/123456789/1416>. <https://www.notimerica.com/sociedad/noticia-lecciones-reducir-efecto-desastres-naturales-ciudades-latinoamericanas-20190411145443.html>
- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable*. In *Comisión Nacional del Agua*. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA_s.f.a.Diseño_de_redes_de_distribución_de_agua_potable.pdf
- Decisión. (2018). *GLOSARIO DE TÉRMINOS Y CONCEPTOS DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES PARA LOS PAÍSES MIEMBROS DE LA COMUNIDAD ANDINA*.
- Etapa EP*. (2021). <https://www.etapa.net.ec/principal/agua-potable/planes-maestros/area-de-influencia>
- Gnavi, L., Taddia, G., & Russo, S. L. (2015). Engineering geology for society and territory – Volume 6: Applied geology for major engineering projects. *Assessment and Risk Management for Integrated Water Services*. In *Engineering Geology for Society and Territory-Volume 6 (Pp. 653-656)*. Springer, Cham., 6(Snfa 2007), 1–1082. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-09060-3>
- Jimenez, J. 2013. (2013). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, Facultad de ingeniería civil campus Xalapa Universidad Veracruzana*.
- MAGAP. (2014). *Archivos de Información Geográfica - Sistema Nacional de Información*. INFORMACIÓN 1:250.000 Actualización: 31/Dic/2014. <https://sni.gob.ec/coberturas>
- OPS/OMS. (1998). *Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario Guías para el análisis de vulnerabilidad*. 100.
- Paucar, A. 2016. (2016). *Modelo Para La Articulación De La Gestión Del Riesgo En El Proceso De Ordenamiento Territorial De La Ciudad De Guaranda / Ecuador (Vol. 17, Issue Diciembre)*.
- Piedra, A. (2017). *Del Sistema De Potable Para La Ciudad De Operación Y*. 291. <https://maezuay.files.wordpress.com/2017/03/estudio-ambiental-expost-del-sistema-de-abastecimiento-de-agua-potable-para-la-ciudad-de-cuenca-en-su-etapa-de-operacion-3b3n-y-mantenimiento.pdf>
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2019). Lineamientos para incluir la gestión del riesgo de desastres en el PDOT Territorial. *Lineamientos Para*

Incluir La Gestión Del Riesgo de Desastres En El PDOT Territorial, 80.
<https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/09/Caja-de-herramientas-Riesgos.pdf>

Sweya, L. N., & Wilkinson, S. (2021). Tool development to measure the resilience of water supply systems in Tanzania: Economic dimension. *Jamba: Journal of Disaster Risk Studies*, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.4102/JAMBA.V12I1.860>

Villacorta, S., Fidel, L., & Zavala Carrión, B. (2012). Mapa de Susceptibilidad Por Remoción en Masa de Suelos y Rocas. *Revista de La Asociación Geológica Argentina*, 69(3), 393–399.
<http://snet.gob.sv/ver/geologia/amenaza+deslizamientos/>

Vivienda, M. de D. U. y. (2003). *Guías técnicas para la reducción de la vulnerabilidad en los sistemas de agua potable y saneamiento*.
<http://cidbimena.desastres.hn/filemgmt/files/doc14793.pdf>

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Moscoso Vintimlla, G. M., Paucar Camacho, J. A., & Solano Peláez, J. L. (2021). Vulnerabilidad física y exposición ante la amenaza de movimientos en masa del Sistema de Agua Potable Culebrillas de la Ciudad de Cuenca . Ciencia Digital, 5(2), 46-66. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1573>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Evaluación de estrategias bioclimáticas pasivas para una vivienda de interés social ubicada en el cantón Morona en prospectiva a 50 años.



Passive bioclimatic strategies evaluation for a social housing located in Morona canton in a 50-year prospective.

Carla Cristina Mora Pesantez.¹ & Doris Alexandra Alvear Calle.²

Recibido: 13-02-2021 / Revisado: 23-02-2021 / Aceptado: 11-03-2021/ Publicado: 05-04-2021

Abstract.

DOI <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1574>

In the present research, a 50-year projection was proposed for a social single-family housing bioclimatic evaluation located in Macas parish, belonging to Morona Santiago province, and characterized with a mega-thermal rainy climate. The research focuses the analysis and evaluation of the most important architectural elements and climatic factors of the sector. Bioclimatic strategies proposed by Piña (2019) were applied. Climatic conditions and thermal behaviors predictions were calculated with Meteororm software hence obtaining Energy Plus Weather format and allowed to carry out BIM Energy Simulations by using Design Builder software. The results corroborated the insertion of passive bioclimatic strategies to the BIM to improve the internal thermal comfort behavior. Within the aim of evaluating climatic behavior over the time, the research methodology was established as experimental according to its nature, since variables such as: climate, comfort and construction systems were manipulated. The temporal scope has a retrospective and prospective longitudinal approach since it considered 10 years historical data from INAHMI and a projection of 50 years. A probabilistic sampling technique was used, to carry out a multistage sampling where the existing climates in Ecuador was the universe while the population concentrated the cantons with tropical rainy equatorial climate. The evaluation of low-income housing, with passive bioclimatic

¹ Universidad Católica de Cuenca ,Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil, Azuay Ecuador, carlamorapesantez@hotmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4008-8468>

² Universidad Católica de Cuenca ,Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil, Azuay, Ecuador, doris.alvear@ucacue.edu.ec, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1298-6378>

strategies, brings out how specific strategies can maintain the internal comfort level for social housing users over time.

Key Words: passive bioclimatic strategies, building energy simulation, climate projection, mega-thermal rainy climate, social housing.

Resumen:

Introducción. En el presente trabajo de investigación, se planteó una proyección de 50 años para la evaluación del diseño arquitectónico bioclimático de una vivienda unifamiliar de interés social en el clima mega térmico lluvioso, ubicado en la provincia de Morona Santiago, parroquia Macas. **Objetivo.** La investigación se fundamentó en analizar y evaluar los elementos y factores climáticos más importantes del sector, para luego aplicar estrategias bioclimáticas planteadas por Piña (2019). Esta evaluación, permitió predecir cuáles serán las condiciones y comportamientos climáticos en el futuro mediante el uso del software *Meteonorm*, obteniendo ficheros climáticos *Energy Plus Weather* que permitieron recrear Simulaciones Energéticas en el BIM mediante el uso del software *Design Builder*. Los resultados corroboraron la inserción de estrategias bioclimáticas pasivas al BIM para valorar el comportamiento y las tendencias del confort térmico al interior de la vivienda. **Metodología.** Con el objetivo de evaluar el comportamiento climático a través del tiempo, esta investigación se fundamentó según su naturaleza en una investigación de tipo experimental, pues se manipulo variables como: clima, confort y sistemas constructivos. Según su alcance temporal, posee un enfoque longitudinal en retrospectiva y prospectiva, pues se consideró datos históricos del INAHMI con registro de 10 años y una proyección de 50 años mediante software. Se uso la técnica de muestreo probabilístico, para luego realizar un muestreo polietápico, en donde el universo fueron los climas existentes en Ecuador, mientras que la población fueron los cantones que poseen el clima ecuatorial tropical lluvioso. **Resultados.** De acuerdo a los resultados generados por las simulaciones se observa que para el año 2070, existirá una variación en la temperatura de 1°C. Se observó también que al aplicar las estrategias bioclimáticas pasivas en la vivienda se garantizará que se reduzca la temperatura y humedad al interior. **Conclusión:** La evaluación de la vivienda de interés social, aplicando estrategias bioclimáticas pasivas, generó lineamientos importantes determinando que el uso de las mismas permite mantener el nivel de confort para los usuarios de viviendas sociales a lo largo del tiempo.

Palabras Clave: estrategias bioclimáticas pasivas, simulación energética, proyección climática, clima mega térmico lluvioso, vivienda de interés social

Introducción:

Debido al calentamiento global, se ha producido un deterioro considerable en la capa de ozono, lo que ha conducido a consecuencias desastrosas de tipo ambiental que han

desencadenado en cambios significativos en la dinámica climática mundial. De acuerdo con (Matinez & Fernández, 2015) el cambio climático posee impactos que afectarán a largo plazo en las interacciones de procesos naturales como son: los fenómenos ecológicos y climáticos. De igual manera, (Magaña, 2004) asegura que la temperatura global del planeta está produciendo variaciones considerables en el clima.

Así mismo, la sobrepoblación es un factor que influye directamente en la contaminación ambiental y en la destrucción de la capa de ozono, pues según (Bouroncle & Heracles, 2019) los pueblos en la actualidad, se extienden rápidamente y esto produce un impacto negativo en el medio ambiente. Se conoce que las ciudades producen el 80% de los gases de efecto invernadero, causando así que la capa de ozono se debilite y genere que la energía irradiada por el sol, se quede atrapada antes de que alcance el espacio, y la temperatura atmosférica aumenta.

De acuerdo a lo expuesto, la arquitectura moderna tiene el gran desafío de emprender cambios conceptuales de fondo en varios aspectos como: el diseño, uso de materiales y aplicación de sistemas constructivos innovadores, que satisfagan las necesidades de los usuarios en las edificaciones y que sean sustentables con el medio ambiente. Estos aspectos se encuentran resumidos en el concepto que (Guerra Menjívar, 2013) propone como “ecología arquitectónica”. Según el mismo autor, las edificaciones y viviendas son responsables de un elevado consumo de energía, por lo cual se ve la necesidad latente de aplicar nuevos conceptos de arquitectura que propongan confort a los usuarios y no generen valores influyentes en el daño ambiental. Por otro lado, específicamente en el caso de Ecuador, de acuerdo a datos del Programa Nacional de Vivienda Social desarrollado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, se expone que actualmente el 45% de los 3.8 millones de hogares ecuatorianos habitan en viviendas inadecuadas.(MIDUVI, 2016) Conociendo que el derecho a una vivienda digna es una ley innegable e ineludible en la sociedad, el gobierno se ha visto en la necesidad de crear programas que implementen e incluyan a grupos familiares vulnerables económicamente para facilitar el acceso a una vivienda.

Lamentablemente se tiene conocimiento que, en los diseños y planificaciones arquitectónicas de las viviendas de interés social no existe un análisis previo del lugar de emplazamiento y por ende no se toman en cuenta aspectos importantes como el confort de los usuarios al interior del domicilio. Sabiendo que quienes habitaran la misma, son personas de bajos recursos o que poseen alguna discapacidad, es necesario plantear reformas arquitectónicas desde el anteproyecto en la vivienda, para que esta responda a lo largo del tiempo a las necesidades de quienes la ocupan.

En relación a la problemática expuesta, es necesario plantear cambios en los diseños tipo de la vivienda de interés social, aplicando técnicas constructivas adecuadas que relacionen la dinámica y el comportamiento de la misma de acuerdo al lugar de emplazamiento. En otras palabras, es fundamental generar un equilibrio entre el usuario

y la vivienda, con respecto al confort y comodidad. Por esta razón, es recomendable el uso de arquitectura bioclimática, pues de acuerdo a (Garzón, 2007), este tipo de arquitectura tiene en cuenta el clima y condiciones del entorno para conseguir el confort higrotérmico interior y exterior. En la actualidad, no existen documentos técnicos de recomendaciones bioclimáticas para el diseño de viviendas en el país, por ello es necesario sentar un precedente ante lo expuesto y comenzar a analizar el comportamiento de los usuarios y la vivienda, de acuerdo al lugar de emplazamiento y con ello generar soluciones oportunas ante los posibles conflictos que se generen.

Por consiguiente, el objetivo principal la presente investigación es evaluar estrategias bioclimáticas pasivas en prospectiva del clima a 50 años en una vivienda unifamiliar de interés social, ubicada en un piso bioclimático mega térmico tropical lluvioso a mediano y largo plazo. Para ello se analizará los elementos necesarios del clima, confort, bienestar y arquitectura, basándose en proyecciones de escenarios para evaluar el comportamiento climático de la vivienda hasta el año 2070. Se puede señalar que, el análisis y proyección de los factores climáticos son fundamentales para conocer cuál será el comportamiento del clima, mediante simulaciones que indican la ocurrencia de eventos que influyen directamente con el ser humano. El estudio de estos escenarios es fundamental, pues los diseñadores podrían dar soluciones de confort desde la etapa de anteproyecto de una edificación frente a fenómenos como el calentamiento global y variación de temperatura. El lugar del caso de estudio, se encuentra ubicado en el cantón Morona dentro de la provincia de Morona Santiago, localizada al centro sur de la región amazónica del Ecuador, que conjuntamente con las provincias de Azuay y Cañar forman la región 6 de acuerdo a la planificación del Estado. Sus límites son: al norte con los cantones Pablo Sexto y Huamboya; al sur con los cantones Sucúa y Logroño; al este con la provincia de Chimborazo; y, al oeste, con el cantón Taisha.

El clima del cantón Morona esta denominado como “Clima uniforme mega térmico muy húmedo” según (Pourrut, 1983), el mismo esta caracterizado por temperaturas medias que alcanzan los 25°C, posee valores pluviométricos de 3000 mm y posee valores de humedad relativa elevada del orden del 90%. La vivienda del caso de estudio tiene un área promedio de 53.58 m², está dividida en los siguientes espacios: tres dormitorios, baño, sala, comedor, cocina y área de secado. De acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto de vivienda de interés social se debe cumplir la construcción con los siguientes materiales:

DESCRIPCIÓN	MATERIAL	OBSERVACIONES
CUBIERTA	Galvalumen	2 aguas 22%
PAREDES	Bloque (0.20-0.15cm)	Enlucidas y Pintadas
PISO	Cerámica	
PUERTAS	Madera (interiores)Metálica Troquelada(exteriores)	interiores=5 exteriores=2
VENTANAS	Aluminio-Vidrio	cantidad= 7

Tabla 1: Materiales que componen la vivienda de interés social

Fuente: (Miduvi Morona Santiago, 2017)

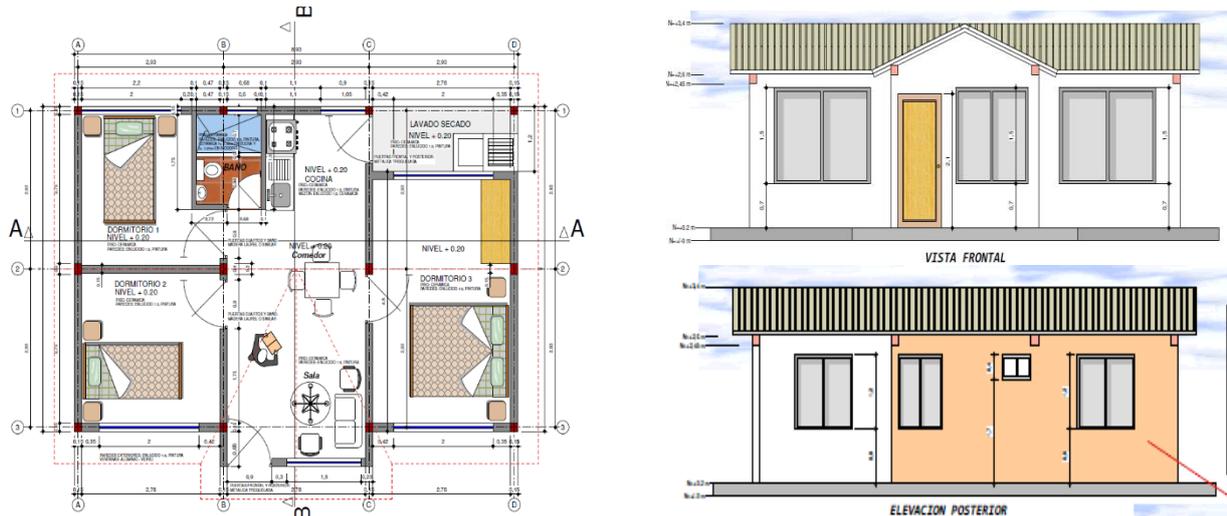


Figura 1: Planta y vistas vivienda de interés social

Fuente: (Miduvi Morona Santiago, 2017)

A continuación, se detallan datos geográficos de la vivienda, misma que se encuentra ubicada en el Barrio “La Florida” del Cantón Macas.

DATOS GEOGRÁFICOS DE LA VIVIENDA		
LATITUD	-2,29	GRADOS
LONGITUD	-76,287	GRADOS
ALTITUD	1063	msnm

Tabla 2: Ubicación geográfica de la vivienda

Fuente: (Miduvi Morona Santiago, 2017)

Metodología

Enfoque de investigación

Según la clasificación de (Sierra, 2001), la presente investigación tiene los siguientes enfoques; según su naturaleza, es de tipo experimental, puesto que la misma se apoya en la observación de fenómenos y la manipulación de las variables como son: clima, confort y sistemas constructivos, utilizando para ello los programas de simulación: *Meteonorm* y *Design Builder* que permitieron analizar, procesar y simular los datos climáticos del sector de estudio y evaluar el confort de la vivienda de interés social aplicando estrategias pasivas de arquitectura bioclimática, respectivamente.

Según su alcance temporal, la investigación es de enfoque longitudinal retrospectiva y prospectiva, puesto que se consideran datos climáticos históricos de 10 años y la proyección climática de 50 años en prospectiva mediante software. Se evaluó el comportamiento y variaciones del clima lo que permitió estudiar la evolución de este fenómeno en la vivienda de interés social a lo largo del periodo de tiempo de estudio.

Población y muestra

En este trabajo de investigación se consideró que el universo de estudio son los climas del Ecuador, la población son los cantones del Ecuador que poseen el clima ecuatorial Tropical Lluvioso, como se muestra en la figura 2. Se usó la técnica de muestreo probabilístico, considerando que todos los elementos de la población tienen la posibilidad de ser escogidos y se obtienen definiendo la población y tamaño de la muestra. Se realizó un muestreo polietápico, es que consiste en un análisis por etapas, seleccionando las unidades de estudio. Para esta investigación son los climas del Ecuador como un todo, luego se analiza en que cantones del país se tiene el clima ecuatorial tropical lluvioso, para finalmente considerar la unidad de estudio.

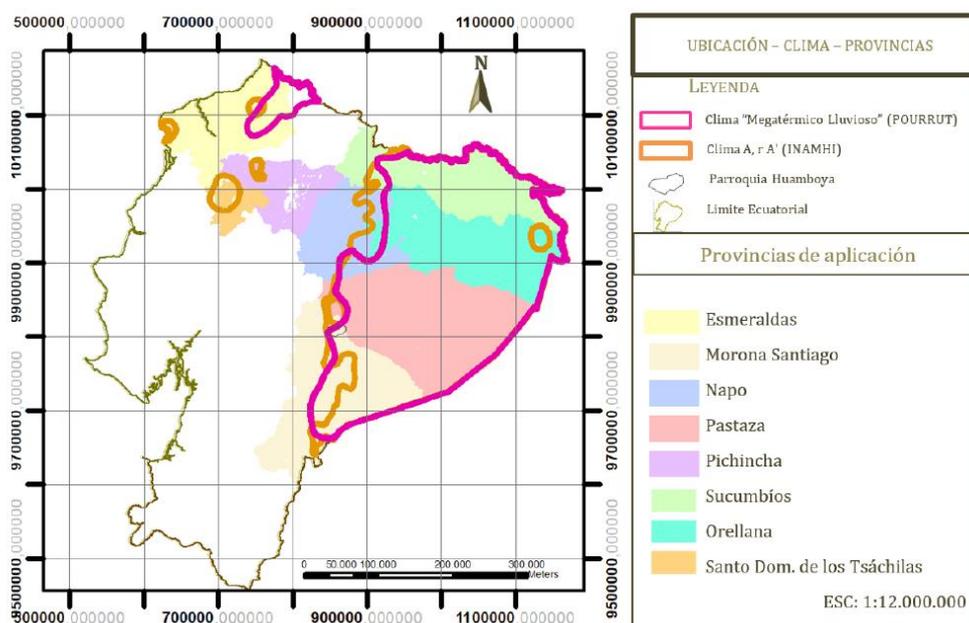


Figura 2 : Ubicación del clima mega térmico lluvioso en el país

Fuente: (Piña, 2019)

De acuerdo a la investigación denominada: "Recomendaciones bioclimáticas de diseño arquitectónico en vivienda unifamiliar clima mega térmico lluvioso, parroquia Huamboya, provincia Morona Santiago"(Piña, 2019), se establecieron provincias, cantones y parroquias de Ecuador en donde se pueden implantar estrategias pasivas de arquitectura bioclimática; en el caso de esta investigación, se evaluará en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona parroquia Macas.

Recolección de Datos

El punto base para la evaluación de las estrategias bioclimáticas pasivas, se fundamentó en la propuesta de (Piña, 2019), resumiendo los aspectos más importantes y relevantes que posee el clima ecuatorial lluvioso. Así mismo, se utilizaron varias fuentes secundarias que sirvieron para obtener información y datos relevantes para la evaluación bioclimática de la vivienda en los programas de simulación energética, entre ellos: el capítulo de

eficiencia energética de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA (MIDUVI), 2018), datos climáticos del INHAMI, entre otros.

Proceso de datos

La sistemática para el análisis y proceso de información en esta investigación se detalla en los siguientes pasos:

1. Se obtuvo datos climáticos y recomendaciones bioclimáticas pasivas más relevantes de acuerdo a (Piña, 2019).
2. Para aplicar las recomendaciones bioclimáticas identificadas en el punto anterior, se plantea un caso de estudio considerando como unidad de análisis una vivienda de interés social del MIDUVI ubicada en el cantón Macas, el mismo que es un modelo preestablecido por la entidad y se lo puede encontrar en la página oficial del Servicio Nacional de Compras Públicas.
3. Con el objetivo de evaluar las condiciones climatológicas actuales y las prospectivas de 50 años de la unidad de análisis, se utilizó el software *Meteonorm*, el cual permite obtener datos meteorológicos para: temperatura, humedad, entre otros. Todo esto permitió generar un archivo en formato *Energy Plus Weather*, compatible con el software de simulación energética *Design Builder*.
4. Para la simulación energética en *Design Builder*, se construyó un Modelo de Información de Construcción conocido como BIM (por sus siglas en inglés – Building Information Modelling) que represente la vivienda de interés social con sus materiales y dimensiones en el estado actual, y que refleje la aplicación de estrategias bioclimáticas pasivas en la misma.
5. Consecuentemente, se insertaron los datos climáticos en prospectiva a 50 años en el software *Design Builder*, para luego evaluar el confort de la vivienda en el periodo de tiempo de estudio.
6. Finalmente, se realizó una comparación del comportamiento de la vivienda con estrategias bioclimáticas pasivas en el estado actual y con prospectiva a 50 años

Resultados

Como se conoce, los datos más importantes a tomarse en consideración para la evaluación del confort higrotérmico de los usuarios de una vivienda son: la humedad y la temperatura. A través de la presente investigación, se pretende evaluar el comportamiento climatológico actual y una prospectiva a 50 años, con el objetivo de predecir las consecuencias del cambio climático a mediano y largo plazo.

Al analizar aspectos climáticos en la zona, de acuerdo simulación en el software *Meteonorm* del estado actual y proyectado a 50 años, se determinó un incremento de temperatura aproximadamente de 1°C, como se observa en la figura 3.

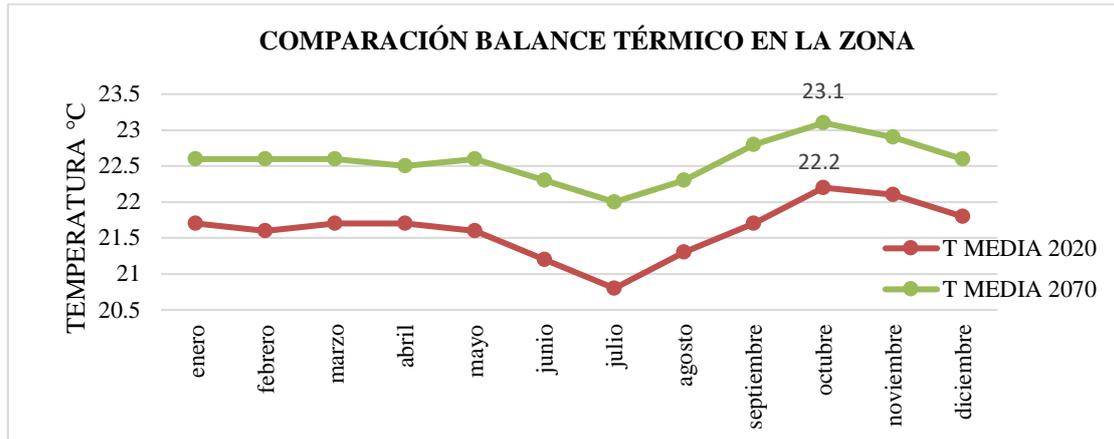


Figura 3: Balance Térmico

Fuente: *Meteonorm*

Evaluación en estado actual de la vivienda de interés social

Con el propósito de conocer el estado actual de confort del caso de estudio, se realizó una simulación en el programa *Design Builder* en la que se evaluó el comportamiento de los factores higrotérmicos al interior de la vivienda en el estado actual y se obtuvo los siguientes resultados:

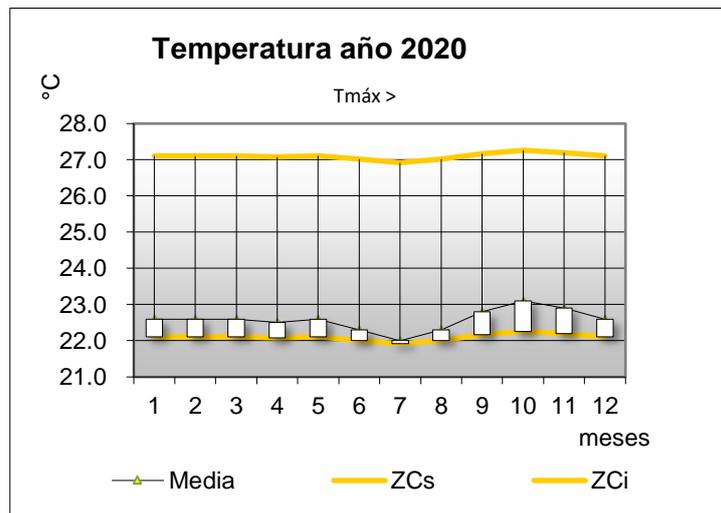


Figura 4: Estado actual de temperatura en vivienda año 2020

Fuente: *Design Builder*

De acuerdo a la fórmula de Szokolay, se obtiene que el límite superior de la zona de confort es 26.73 °C y el límite inferior es 21.73°C. Por lo tanto, de acuerdo a la figura 4, se observa que, para el estado actual, la vivienda en el estado actual se encuentra en la temperatura confortable ya que alcanza valores medios de aproximadamente 21.4 °C.

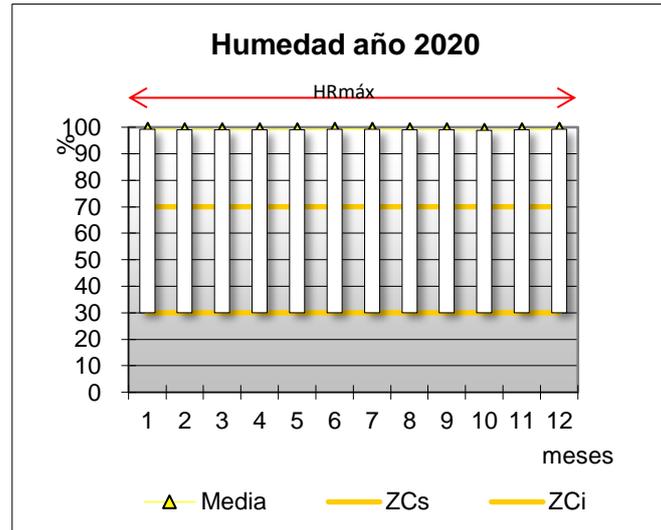


Figura 5: Estado actual de humedad en vivienda año 2020

Fuente: Design Builder

Según (Fuentes, 2002) la zona de confort higrométrico se encuentra en el rango que va desde el 30% al 70% de humedad relativa. Con referencia a la figura 5, se obtiene valores que bordean el 99.1% de humedad relativa al interior de vivienda en el estado actual, lo que genera incomodidad en los usuarios. De acuerdo a los resultados generados en la figura 3, se demuestra que para la proyección del año 2070 existirá un incremento de aproximadamente 1° C, lo que influye directamente en el confort higrotérmico de los usuarios de la vivienda. Por lo tanto, es necesario implementar estrategias bioclimáticas pasivas en la vivienda de interés social, que permitan crear ambientes internos más cómodos para los usuarios, mediante el uso de sistemas constructivos y criterios de diseño que generen un nivel de confort alto. Con respecto a (Piña, 2019) se obtiene un análisis de zonas de confort y varias estrategias de diseño bioclimático relacionando valores de humedad relativa y temperatura en bulbo seco como se define en la figura 6.

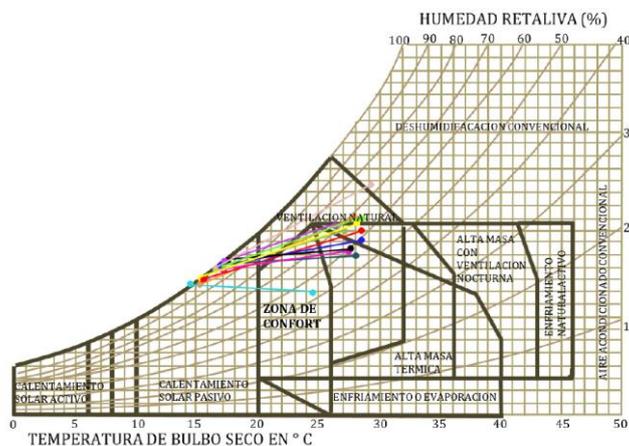


Figura 6: Carta Psicrométrica de Baruch Givoni

Fuente: Alejandra Piña

Evaluación de estrategias bioclimáticas pasivas en la vivienda en prospectiva para el año 2070.

A continuación, se detallan las estrategias bioclimáticas pasivas que se aplicaron en las simulaciones del software *Design Builder* para la prospectiva al año 2070:

ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS PASIVAS	
PAREDES	Bloque de hormigón e=10cm
CUBIERTA	Cambio de pendiente al 30% Colocación de espuma de poliuretano como aislante térmico Creación de volados en aleros de 0.90 cm a cada lado Aumento de longitud en las ventanas en sentido x
VENTANAS	Colocación de mallas para apantallamientos para insectos sin impedir el ingreso del viento

Tabla 3: Estrategias bioclimáticas pasivas aplicadas a la vivienda de interés social

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 7, se observa que al aplicar las estrategias bioclimáticas en la vivienda existe una pérdida de calor, pues al poseer los aleros de la cubierta más largos se calienta en menor cantidad las paredes y ventanas, es decir las ganancias solares internas son más bajas.

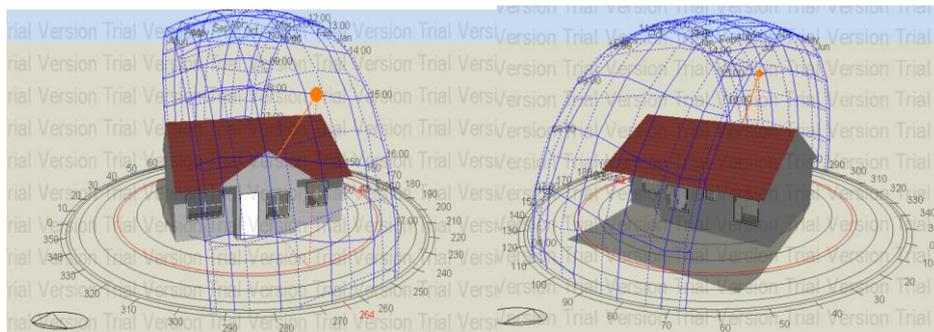


Figura 7: Diagrama solar aplicado las estrategias bioclimáticas para el año 2070

Fuente: *Design Builder*

Con respecto al confort higrotérmico de la vivienda, existe una variación considerable en cuanto a valores de humedad, pues al modelar, aplicar y evaluar las estrategias bioclimáticas pasivas, se observó que el comportamiento climático al interior de la vivienda mejoraría. En la figura 10 se aprecia, que existirá una reducción considerable de humedad al interior de la vivienda con una media de 78.07% para el año 2070.

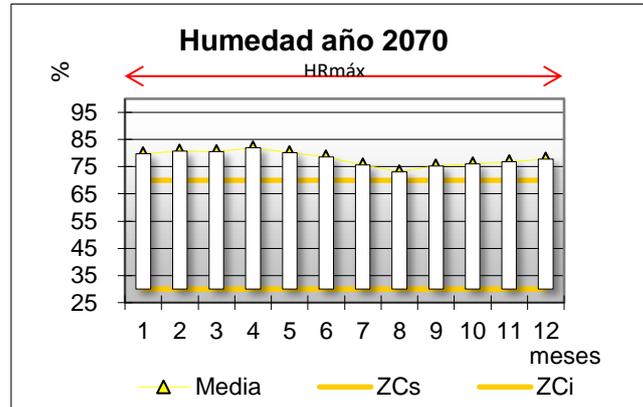


Figura 8: Proyección de humedad relativa para el año 2070

Fuente: Design Builder

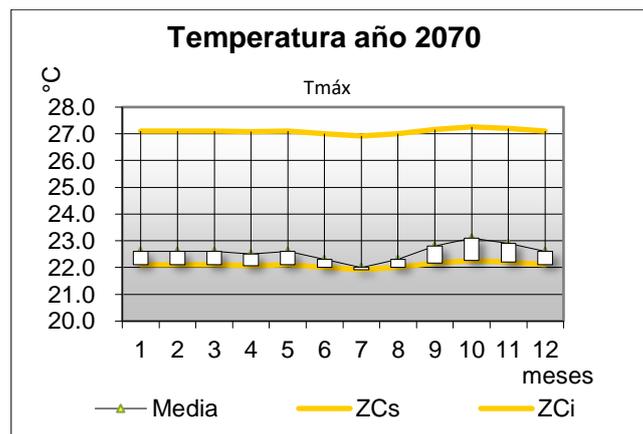


Figura 9: Proyección de temperatura para el año 2070

Fuente: Design Builder

Según la figura 9 y la figura 10, se observa que, de llegar a aplicarse las estrategias pasivas en la vivienda de interés social en Macas, se conseguirá un ambiente interno más cómodo reduciendo así la humedad relativa al interior.

Conclusiones

- Se realizó una evaluación térmica de la vivienda de interés social en prospectiva a 50 años en la cual, se pudo observar que la ganancia de calor al interior se daba principalmente por el techo y las paredes. Por consiguiente, al realizar cambios en la parte arquitectónica de la vivienda utilizando estrategias bioclimáticas pasivas como: reducción de espesor en paredes, aumento de pendiente en techo, cambio en la geometría de cubierta, colocación de la espuma de poliuretano en techo y aumento de ancho en ventanas. Con la aplicación de simulaciones energéticas el programa *Design Builder*, se logró reducir la temperatura al interior de la vivienda, así como también se encontró una disminución significativa en los valores de humedad. No obstante, se observó que a pesar de que se aplicaron las

medidas pasivas, para el año 2070 no se logra el rango de zona confort con respecto a la humedad, por lo tanto, es recomendable aplicar estrategias activas de deshumidificación del aire al interior de la vivienda. La propuesta que se efectúe para la deshumidificación, debe ser una solución económica y ambiental viable y aplicable. Para resolver la problemática al interior de la vivienda, se plantea colocar un ventilador impulsado por un panel fotovoltaico.

- Los resultados de este trabajo, pretenden ser el punto de partida para la concepción y diseño de viviendas de interés social en el país, mismas que deben basarse en: características del lugar de emplazamiento, factores climáticos higrotérmicos y distintos tipos de materiales a ser usados, para con ello brindar el confort adecuado a mediano y largo plazo.

Agradecimientos

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradezco a todos y cada uno de los instructores por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Referencias Bibliográficas

- Bouroncle, & Heracles, L. (2019). *La sobrepoblación : efectos Overpopulation : effects.* 5(2), 119–132.
<http://revistas.ulcb.edu.pe/index.php/REVISTAULCB/article/download/117/127/>
- Fuentes, V. (2002). *México. DF. Enero del 2002.*
- Garzón, B. (2007). *Arquitectura Bioclimática* (Vol. 53, Issue 9).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Guerra Menjívar, M. R. (2013). *Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones.* 5, 123–133.
- Magaña, V. (2004). El cambio climático global: entender el problema. *Cambio Climático: Una Visión Desde México.*, 17–27.
- Matinez, J., & Fernández, A. (2015). ¿Qué es el Efecto Invernadero? -. In *Cambio Climático Global* (D.R Instit). <http://cambioclimaticoglobal.com/efecto-invernadero>
- MIDUVI, M. de D. U. y V.-. (2016). Programa Nacional de Vivienda Social-PNVS. In *MIDUVI* (p. 22).
<https://www.infodesign.org.br/infodesign/article/view/355%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/731%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/269%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/106>
- Miduvi Morona Santiago. (2017). *CONSTRUCCION DE CUATRO VIVIENDAS URBANAS EN EL CANTON MORONA, BARRIO LA FLORIDA.* Sistema Oficial de

- Contratación Pública.
<https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=EHWuuIjiXGXRaZExIBQ9WQskXbRW8dlbsHnzdlI2ls>,
- MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA (MIDUVI). (2018). *Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales NEC-HS-EE*. 40. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-HS-EE-Final.pdf>
- Piña, D. A. (2019). *Recomendaciones bioclimáticas de diseño arquitectónico en vivienda unifamiliar clima megatérmico lluvioso, parroquia Huamboya, provincia Morona Santiago*. Universidad Católica de Cuenca.
- Pourrut, P. (1983). Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos. In *Centro Ecuatoriano de Investigaciones Geográficas* (pp. 7–41). http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-10/21848.pdf
- Sierra, B. (2001). Técnicas de Investigación. In *Instrumentos de investigación* (pp. 1–28).

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Mora Pesantez, C. C., & Alvear Calle, D. A. (2021). Evaluación de estrategias bioclimáticas pasivas para una vivienda de interés social ubicada en el cantón Morona en prospectiva a 50 años. *Ciencia Digital*, 5(2), 67-80.
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1574>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Estrategias para diseño de vivienda social en Cuenca – Ecuador, mediante un análisis cuantitativo de patrones sociales, económicos, habitacionales y constructivos



Strategies for the design of social housing in Cuenca - Ecuador, through a quantitative analysis of social, economic, housing and construction patterns

Álvaro Rafael Toledo Toledo.¹, Jorge Fernando Toledo Toledo.² & Marco Avila Calle.³

Recibido: 25-02-2021 / Revisado: 03-03-2021 / Aceptado: 12-03-2021 / Publicado: 05-04-2021

Abstract

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1595>

The housing projects in the city of Cuenca - Ecuador, only satisfy the needs of the housing deficit in the middle and high sectors, because the cost is too high for the lower social class, due to the lack of regulations and specific studies to determine the optimal urban soils, construction systems and design strategies to promote low-cost housing. The research project, in addition to considering the social conditions of habitability of the low-income population, to establish the spatial requirements, as well as the most appropriate location for the implementation of the project, allows to establish design strategies to achieve a sustainable and affordable proposal to the social group of study, supported by quantitative and qualitative methods. At the end of the research, a set of guidelines and recommendations for architectural design and construction will be obtained for housing projects for the low-income population categorized in the social stratum C- and D in the city of Cuenca, and could be applicable in any city in Ecuador or Latin America that has similar conditions to the study universe. The impact of the research will be evidenced in the potential public policies of habitability generated through regulations or ordinances

¹ Universidad Católica de Cuenca, Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable, Cuenca, Ecuador. alvarorafa78@gmail.com. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3862-785>

² Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Arquitectura. Cuenca, Ecuador. jftoledot@ucacue.edu.ec. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0007-7510>

³ Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Arquitectura. Cuenca, Ecuador. mavila@ucacue.edu.ec. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2134-1432>

in the city of Cuenca - Ecuador, through the design and construction recommendations obtained in the research.

Keywords: social housing, habitability, design strategies.

Resumen

Los proyectos habitacionales en la ciudad de Cuenca – Ecuador, solo satisfacen las necesidades del déficit de vivienda en los sectores medio y alto, pues el costo es muy elevado para que pueda acceder la clase social baja, debido a la falta de normativas y estudios específicos para determinar los suelos urbanos óptimos, sistemas constructivos y estrategias de diseño que permitan propiciar la vivienda a bajo costo. El proyecto de investigación a más de considerar las condiciones sociales de habitabilidad que presenta la población de bajos recursos económicos, para establecer los requerimientos espaciales, así como la ubicación más apropiada para la implementación del proyecto, permite establecer estrategias de diseño para conseguir una propuesta sustentable y asequible al grupo social de estudio, apoyados en métodos cuantitativos y cualitativos. Al final de la investigación se obtendrán un conjunto de lineamientos y recomendaciones de diseño arquitectónico y construcción para proyectos habitacionales destinados a la población de bajos recursos económicos categorizados en el estrato social C- y D en la ciudad de Cuenca, pudiendo ser aplicable en cualquier ciudad del Ecuador o Latinoamérica que tenga las condiciones similares al universo de estudio. El impacto de la investigación se evidenciará en las potenciales políticas públicas de habitabilidad que se generen mediante normativas u ordenanzas en la ciudad de Cuenca - Ecuador, a través de las recomendaciones de diseño y construcción obtenidas en la investigación.

Palabras claves: Vivienda social, habitabilidad, estrategias de diseño.

Introducción

La escasez cualitativa y cuantitativa de conjuntos habitacionales para familias de bajos recursos son alarmantes, la limitación a servicios básicos afecta a un sinnúmero de hogares de la región: El 21% no disponen de instalaciones hidrosanitarias y electricidad; 12% de las viviendas están fabricadas de materiales de construcción inadecuados, otro porcentaje que fluctúa en el 6% disponen de un suelo de tierra o viven en condiciones de aglomeración, estas características perjudican directamente la salud de los habitantes (“Estudio del BID: América Latina y el Caribe encaran creciente déficit de vivienda | IADB,” n.d.). En el curso de esta época más del 90% de la ciudadanía hará su vida en las ciudades, situación que genera un aumento descontrolado en su extensión, con el coligado aumento de los precios de urbanización y con listas grandes de economías de escala. A lo indicado en líneas anteriores, hay que agregar la discriminación socio-espacial (Ghetto), con grandes inequidades en materia de acceso a servicios y bienes urbanos (Inmobiliario

2005) lo que complica a ciertas secciones poblacionales la obtención de una vivienda. En la capital del Azuay el incremento de la localidad en el año 2001 fue de 612.565 habitantes y al año 2010 fue 702.893 habitantes, es decir un 14.7% de aumento según estos datos, la carencia de lugares habitacionales es de 35.000 a 45.000 (Muñoz, Patricia, Ochoa, & Maritza, 2011), teniendo afectados de forma directa el estrato social C- y D.

Las variaciones económicas encaminadas al mercado y al sector privado que se han instituido en América Latina y el Caribe en los últimos años han traído consigo notables redefiniciones en las políticas de vivienda para hogares de menores ingresos. Esas políticas han demostrado que pueden expandir en forma considerable la acogida de viviendas sociales y acortar las carencias habitacionales. Sin embargo, también han ofrecido escaso cuidado al déficit cualitativo de vivienda, a los suelos para unidades de interés social, y al mercado secundarios (Franco, 2013). Ya en el entorno nacional, el estado ecuatoriano a través del Plan Nacional del Buen Vivir (en el objetivo 3), propone entre los derechos para perfeccionar la calidad de vida, incluir (art.14, un hábitat seguro y saludable, a una vivienda digna con independencia de la situación social y económica (Held, 2000). Entendiéndose que la clase social tipo C – y D es aquella que sus entradas económicas no van más allá del salario básico unificado (SBU) mensual por ello este análisis permitirá precisar las recomendaciones de diseño, para establecer donde es ventajoso plantear proyectos para la vivienda social, que espacios y que estrategias debe tener la propuesta, mejorando la calidad de vida y optimizando el uso de suelo urbano en la ciudad; favoreciéndose de esta información la entidad municipal, arquitectos, ingenieros y sobre todo los estratos sociales menos protegidos de Cuenca.

Dado el crecimiento de la población en el Ecuador y por ende en la provincia del Azuay, este problema no es diferente en el país, así como en la provincia en la que se realiza el estudio. En el año 2001, la población era de 612.565 habitantes; en 2010, incrementó a 702.893, teniendo como tal un aumento del 14,7% en la última década; por lo tanto, es lógico que la demanda de vivienda también se ha elevado. Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2010), en el sector de la construcción, los permisos emitidos por los Gobiernos Autónomos Descentralizados han crecido a una tasa promedio anual del 12% al 14% desde 2009, según estas estadísticas, existe un déficit de 35.000 a 45.000 soluciones habitacionales en la ciudad de Cuenca.

La Empresa Municipal de Vivienda (EMUVI), tuvo previsto construir viviendas con precios asequibles en el año 2011, las mismas fluctuaban entre 15.000, 25.000 y 30.000 dólares estadounidenses e incluían 3 habitaciones: sala, cocina y comedor; pero hasta ahora, este proyecto no se ha plasmado. Sin embargo, se han dado programas municipales de dotación de viviendas a través de comunidades cerradas; no obstante, en el proceso de planificación, promoción y venta, de estos proyectos se han visto beneficiados las clases media y alta, porque la clase baja no puede financiarse por los altos costos que representan tanto el sitio como las edificaciones.

El problema se ha agravado cuando el mercado inmobiliario ha experimentado un crecimiento sustancial en los últimos años debido a la demanda de construcciones por parte de inversionistas locales, nacionales y extranjeros. Por lo tanto, el costo por metro cuadrado de terreno en áreas urbanas y rurales es de alrededor del 300% del precio original; en tanto que la construcción se ha incrementado un 50%, motivo que hace imposible a cierta población la adquisición de una casa.

Personeros de la Empresa Municipal de Vivienda (EMUVI) y del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), gerente y subsecretario respectivamente, revelan que la obtención de terrenos adecuados para construcciones es el principal problema para los proyectos de vivienda, porque los trabajos de redes de agua potable y alcantarillado no son una tarea fácil, ya que implica que los cabildos municipales inviertan en realizar estas obras aumentando así el costo final de los proyectos de vivienda de interés social. Debido a esta problemática, entidades financieras como Mutualista Azuay han emprendido en propuestas de vivienda social, pero han tropezado con algunos problemas. El gerente de la entidad financiera señaló que existe una proyección municipal que no es compatible con el valor del suelo; por lo tanto, esperan que las autoridades tomen en cuenta estas circunstancias, y que se apruebe construir edificaciones con mayor densidad, y facilitar servicios hidrosanitarios a predios urbanos con características físicas y geológicas para construcciones arquitectónicas, lo que daría paso a realizar obras de orden social, puesto que las leyes y regulaciones urbanas vigentes no permiten aprovechar al máximo la potencialidad del uso del suelo urbano.

Actualmente, a medida que los diseñadores enfrentan desafíos para proporcionar viviendas cómodas y costos adecuados para los sectores de bajos ingresos, la demanda de viviendas asequibles en los países en desarrollo de América Latina ha atraído gran atención. En Cuenca, el problema se va agravando ya que la normativa limita la densificación de áreas urbanas con características adecuadas para construir edificios en altura, este escenario desata un crecimiento desmedido e incontrolable a lo largo de ejes urbanos no planificados, lo que provoca que el Municipio de Cuenca no pueda afrontar el equipamiento e infraestructura básica, esto provocaría un incremento del valor en el bien a ser edificado.

Para determinar el espacio habitacional para grupos de bajos ingresos, se dispone de datos del INEC, pero los mismos no pueden definir los requerimientos de espacio para un proyecto, por lo que se decidió realizar una encuesta para tal fin.

En Ecuador, el gobierno propuso mejorar la calidad de vida de la población a través de espacios inclusivos, equitativos y dignos, a través del Plan Nacional "Toda una vida", por lo que se vuelve imperioso establecer un proyecto de viviendas confortables para los sectores de bajos recursos económicos.

La investigación tiene como objetivo proporcionar modelos teóricos derivados de una investigación cuantitativa y cualitativa, a partir de lo cual se analizan las variables de

carácter (cuantitativas), que tienen como objetivo, categorizar los ámbitos: sociales, económicos, habitacionales y constructivos de los proyectos de vivienda, para el estrato social C - D en la ciudad de Cuenca.

Metodología

El tipo de investigación define el alcance del objetivo, según la naturaleza de la información recolectada para dar respuesta a la pregunta de investigación, en el presente caso es de enfoque cuantitativo, porque la búsqueda de datos se basa principalmente en su cuantificación y cálculo.

La investigación que se plantea corresponde a un enfoque compuesto porque en el estudio los datos se cuantifican y a la vez se detallan y explican cualitativamente la realidad social y económica de las personas de escasos recursos. En consecuencia, la investigación se enmarca en el nivel Descriptivo – Explicativo, porque se concentra en estudiar las causas o los efectos de un determinado hecho por medio de la prueba de hipótesis.

El diseño de la investigación se define con base al procedimiento, el diseño se refiere en DÓNDE y CUÁNDO se recopila la información, así como la amplitud de la información recopilada, de modo que se pueda dar respuesta a la pregunta de investigación de la forma más idónea posible (Hernández M., 2012)

EL DÓNDE

Las fuentes de información para establecer el objetivo de las características sociales y económicas, de la población de bajos recursos económicos de la ciudad de Cuenca, mismas que determinan el poder adquisitivo y las necesidades espaciales para la vivienda; estas son vivas y la información se recoge en su ambiente natural por medio de encuestas, por tanto, el diseño es de campo.

EL CUÁNDO

La toma de información corresponde a una situación actual tanto la de campo como la documentada, por tanto, es contemporánea.

POBLACIÓN

Para la determinación de las características sociales y económicas se realizan encuestas partiendo de considerar que en la ciudad de Cuenca hay una población de 505.585 habitantes (INEC, 2010), los resultados obtenidos en el cálculo de pobreza y desigualdad a partir de la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU)¹ del mes de marzo 2014, (INEC, 2014) la ciudad que registra el menor nivel de pobreza es Cuenca (4.67%), donde existe una disminución en el periodo de 4,5 puntos porcentuales; esta variación es estadísticamente significativa. Esto implica que alrededor de 23.611 habitantes viven en la pobreza; se determina que el grupo familiar tiene en promedio 4

miembros (INEC, 2010), correspondiendo a 5902 hogares de escasos recursos que constituye en la población de análisis.

MUESTRA

Para definir el número total de la muestra a encuestar se aplica la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d \times (N - 1) + Z^2 \times p}$$

donde:

n = Número de muestra

N = Total de la población

Z = Nivel de confianza = 1.645

p = Proporción esperada = 50% = 0.50

q = (1-*p*) = 0.50

d = La prevención del 5% = 0.05

Aplicando la ecuación para identificar el tamaño de la muestra, se tiene que el número de encuestados deberían ser 280 hogares, sin embargo, por la disponibilidad se aplicó el instrumento a un total de 450 hogares.

Tabla 01. Variables de la investigación

Variable independiente	Vivienda social
	Ámbito económico
Variable dependiente	Ámbito social
	Ámbito habitacional
	Ámbito constructivo

Elaboración: Toledo A.

TÉCNICAS

Para el proceso, se hace uso de la encuesta y el análisis documental a través del fichaje.

INSTRUMENTOS

Se utiliza la guía de análisis de contenido para recopilar información acerca de los indicadores estadísticos del INEC, al igual que las preguntas de encuesta para compilar datos de fuentes primarias que en este caso es la población de escasos recursos económicos, también la ficha de observación juega un papel importante que con este instrumento se registra información del análisis de sitio, y como es lógico no se puede dejar de lado los tecnología digital como cámaras, grabadoras, filmadoras, celulares, los mismos que permiten registrar datos en tiempo real, garantizando la autenticidad de la muestra a ser estudiada.

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO

El presente proyecto consta de dos instancias: La primera inicia con la recolección de datos en las fuentes de información disponibles como es la oficina de EMUVI-EP, Alcaldía de Cuenca, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI y la ejecución de 450 encuestas, mediante lo cual se identifican los requerimientos de clase social C – y D. Esta información da paso al estudio de características cuantitativas para su análisis y evaluación.

Partiendo del diagnóstico e información obtenida de las encuestas y a través de la aplicación de herramientas estadísticas, se procesa la información para obtener datos que permitan definir los lineamientos de diseño para propuestas de vivienda de interés social que contribuyan a satisfacer las necesidades, costos y expectativas de la población de bajos ingresos económicos.

Resultados

La encuesta se dividió en tres secciones: ámbito social, ámbito económico y ámbito habitacional – constructivo.

De los resultados analizados, se puede establecer que los hogares están formados por gente joven hasta 50 años, solo en un 19% de los hogares existen adultos mayores.

La vivienda está habitada en su mayoría por una sola familia, con 2 y 3 cargas familiares, pero el grupo familiar principal de las encuestas se puede determinar que está compuesta de 4 miembros en su mayoría como se puede observar en los gráficos 1 y 2:

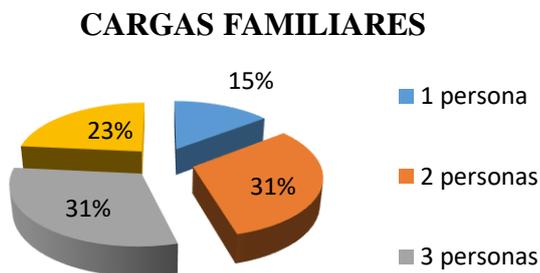


Gráfico 1. Número de cargas familiares.
Fuente: Elaboración propia.

COMPOSICIÓN DEL NUCLEO FAMILIAR

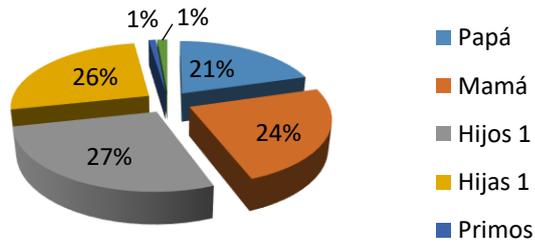


Gráfico 2. Composición del núcleo familiar.
Fuente: Elaboración propia.

Tanto padre y madre trabajan para aportar económicamente al hogar, igual se puede deducir también que los hijos cuando alcanzan la mayoría de edad empiezan a trabajar para aportar al hogar, pues se puede verificar que los porcentajes de hijos e hijas que trabajan tienen correspondencia casi directa con los porcentajes de edad a partir de los 20 años.

La discapacidad física se presenta en un 23% de los hogares, tal como lo demuestra el gráfico 3, porcentaje representativo que debe tomarse en cuenta al momento de diseñar cualquier elemento arquitectónico.

PERSONAS CON DISCAPACIDADES

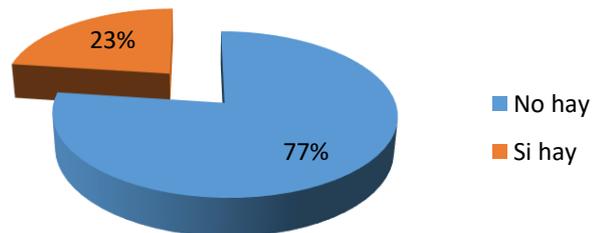


Gráfico 3. Porcentaje de personas con discapacidades.
Fuente: Elaboración propia

Los hijos pequeños en un 65% se quedan en la casa y en un 21% con familiares, tan solo un 5% asisten a guarderías, esto nos permite establecer que una muy buena ayuda a estas familias sería proponer en el espacio de participación municipal la construcción de una guardería municipal para el control y cuidado de los niños de este grupo social. En el ámbito económico los ingresos de una persona está entre 300 a 400 dólares en el 35% de los hogares y más de 400 dólares en el 36% de estos, siendo estos ingresos en su mayoría por sueldo mensual, mientras que sus gastos están repartidos de forma similar según los porcentajes del cuadro respectivo, pero en todo caso se puede decir que alcanza hasta 400 dólares en el 27% y más de 400 dólares en el 24% de los hogares, al ser dos personas las

que aportan en el mayor porcentaje en estos hogares, se puede deducir que tienen capacidad económica para invertir en la adquisición de un apartamento, como lo corrobora el 29% de familias que dicen poder invertir hasta 20000 dólares, tal como lo demuestran los gráficos 4, 5 y 6.

VALOR DE INGRESOS EN EL HOGAR: (DE UNA SOLA PERSONA)

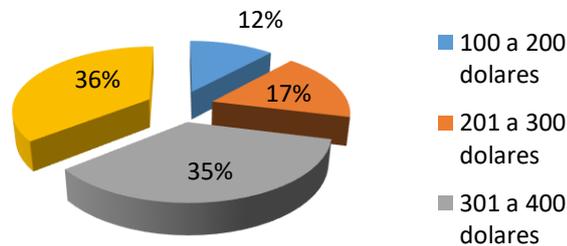


Gráfico 4. Ingresos económicos de una sola persona del hogar.
Fuente: Elaboración propia

VALOR DE EGRESOS EN EL HOGAR

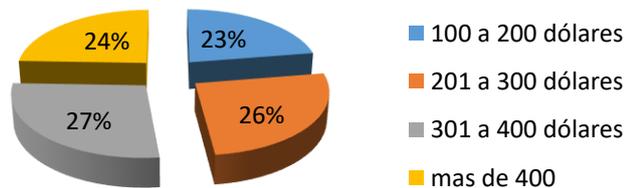


Gráfico 5. Egresos económicos totales del hogar.
Fuente: Elaboración propia

MONTO QUE PUEDEN INVERTIR PARA ADQUIRIR APARTAMENTO

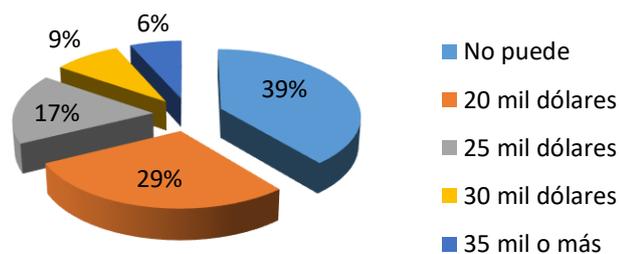


Gráfico 6. Monto que pueden invertir para adquirir un departamento.
Fuente: Elaboración propia

El medio de transporte propio está en un 28% y el público en un 71% lo que permite establecer que lo planteado en la norma municipal para vivienda de interés social de una plaza de estacionamiento por cada 3 unidades de vivienda es apropiada.

De los resultados del ámbito habitacional y constructivo, se puede establecer que si bien un 35% de hogares viven arrendando existe un 19% de viviendas que acogen a dos familias, un 4% a tres familias y un 2% a más de cuatro familias lo que permite deducir que el porcentaje de familias que no tiene una vivienda asciende al 65% por lo que el déficit de vivienda es considerable para este grupo social. Ver gráfico 7.

LA VIVIENDA ES

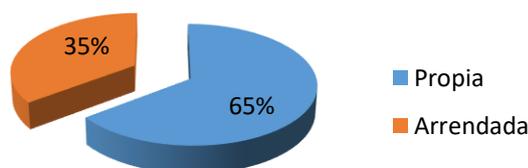


Gráfico 7. La vivienda es propia o arrendada.
Fuente: Elaboración propia

En la vivienda predomina el enlucido y pintado de sus paredes, la madera en sus pisos, el cemento y cerámica en el resto de la muestra, el baño social dispone el 44% de los hogares encuestados, el 90% disponen de un baño completo para el grupo familiar, esto se lo puede verificar en los gráficos del 8 y 9.

ACABADO QUE PREDOMINA EN LA PARED DE LA VIVIENDA

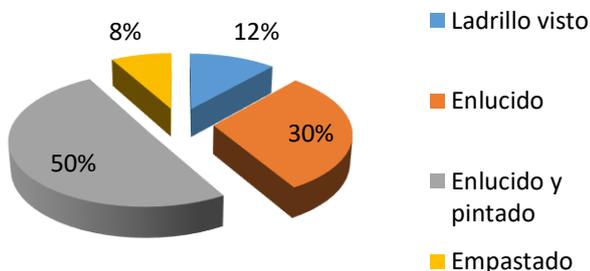


Gráfico 8. Acabado que predomina en la pared de la vivienda.
Fuente: Elaboración propia

ACABADO QUE PREDOMINA EN EL PISO DE DORMITORIOS

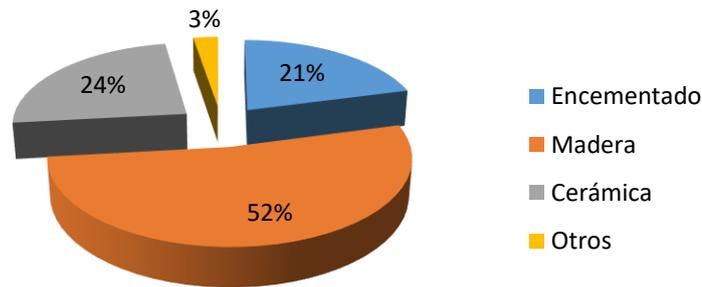


Gráfico 9. Acabado que predomina en el piso de dormitorios.
Fuente: Elaboración propia

Los espacios necesarios que requieren en su vivienda permiten deducir sus hábitos de vida, en general estos espacios son: sala, comedor, cocina, tres dormitorios, un baño completo, esto se puede reflejar en el gráfico 10, donde se da menos importancia a ciertos espacios.

ESPACIOS QUE CONSIDERAN MENOS NECESARIOS

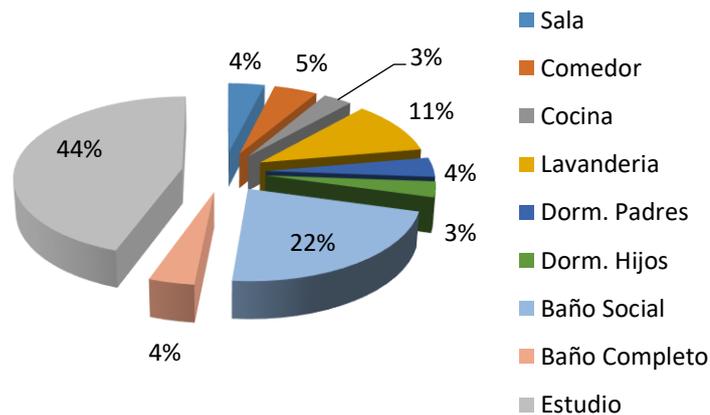


Gráfico 10. Espacios que consideran menos necesarios.
Fuente: Elaboración propia

Si bien el 78% de las familias no comparten el espacio de lavandería, el 67% de los hogares encuestados dicen que, si aceptarían lavandería comunal a efecto de reducir costos, pero con espacio individual para el secado de ropa.

Un 82% de los encuestados dicen estar dispuestos a participar en la construcción de su edificio de vivienda, esto nos permite plantear estrategias para abaratar costos de la construcción. Ver gráfico 11.

PREDISPOSICIÓN A PARTICIPAR EN LA CONSTRUCCIÓN DE SU EDIFICIO DE VIVIENDA

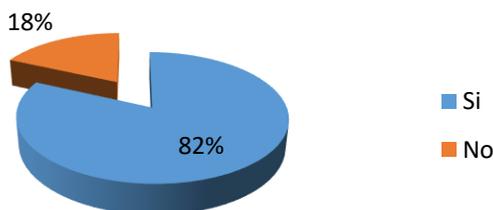


Gráfico 11. Predisposición a participar en la construcción de su edificio de vivienda.
Fuente: Elaboración propia

Conforme lo expuesto, con el análisis de las variables cuantitativas y cualitativas a partir de los ámbitos: Social, económico y habitacional, se plantean una serie de estrategias que pueden ser consideradas como lineamientos para el desarrollo de viviendas sociales, las cuales se exponen en las tablas a seguir:

Tabla 02. Variables y estrategias. Patrones sociales

ÁMBITO	VARIABLE	RESULTADOS	ESTRATEGIAS
SOCIAL	Porcentaje de hijos varones que trabajan	En esta encuesta podemos indicar que el 69% de hijos varones laboran y el 31% restante no lo hace	El espacio de habitación del hijo debe considerarse como un área de descanso, aunque no está por demás prever una estación puntual para trabajo/estudio remoto.
	Porcentaje de hijas mujeres que trabajan	En esta encuesta podemos indicar que el 76% de hijas mujeres laboran y el 24% restante no lo hace	El espacio de habitación de la hija debe considerarse como un área de descanso, aunque no está por demás prever una estación puntual para trabajo/estudio remoto.
	Personas con discapacidad	En este estudio se puede indicar el 23% tiene discapacidad mientras que el porcentaje mayoritario no lo tiene.	Esta variable permitirá que se consideren espacios con accesibilidad universal
	Adultos mayores en la familia	En este estudio se puede indicar el 19% tiene personas adultas mayores, mientras que el porcentaje mayoritario no lo tiene.	Propuesta de espacios con importante nivel de confort para adultos mayores.
	Donde dejan a sus niños mientras laboran diariamente	Los padres de familia tienen hijos que necesita de cuidados por lo que el 65% los dejan en casa, el 21% los encargan con familiares, el 9% los dejan con otras personas y el 5% los dejan en guarderías.	Se propondrán ámbitos, considerando que los hijos permanecen en la vivienda, por lo que los espacios deberán tomar en cuenta esta condición

Elaboración: Toledo A.

Tabla 03. Variables y estrategias. Patrones sociales

ÁMBITO	VARIABLE	RESULTADOS	ESTRATEGIAS
	Edad de jefes de hogar	De acuerdo a la información recopilada en relación al jefe de hogar, el 54% corresponde a personas de entre 40 y 50 años; el 31% a personas de entre 30 y 40 años y el 15% de entre 20 y 30 años	Se planteará al menos una habitación para jefes de familia adultos

	Número de familias que viven por casa	Conforme los resultados obtenidos, se evidencia que el 75% del total de encuestados, refiere que es una sola familia, aquella que vive en las unidades de habitación, seguido de un 19% correspondiente a dos familias viviendo en la edificación. La ocupación de tres familias corresponde a un 4% y un 2% a cuatro familias.	La propuesta deberá considerar una familia por cada unidad habitacional
	Edad de los hijos varones	Analizada la encuesta, se obtiene que la edad de los hijos varones fluctúa entre 10 y 20 años (42%). El 30% corresponde a hijos con edades entre 20 y 30 años; y, de 0 a 10 años, un porcentaje del 28%.	Se hace necesaria la planificación de al menos un espacio de habitación para un hijo varón, que de acuerdo a la encuesta mantiene un rango de edad prioritaria entre 10 y 30 años (criterio de flexibilidad espacial)
SOCIAL	Edad de hijas mujeres	De la información se abstrae que el rango de la edad de las hijas mujeres que está entre 10 y 20 años corresponde a un 46%. El 29% corresponde a hijos con edades entre 0 y 10 años; y, de 20 a 30 años, un porcentaje del 25%.	Se hace necesaria la planificación de al menos un espacio de habitación para una hija mujer, que de acuerdo a la encuesta mantiene un rango de edad prioritaria entre 0 y 20 años (criterio de flexibilidad espacial)
	Cargas familiares	El análisis correspondiente nos da como resultado que el número de cargas familiares en una cantidad de 2 y 3 personas abarca de manera similar el 31% de la encuesta, mientras que cuando se tiene 1 carga familiar el porcentaje es de 15% y cuando el número de cargas es de 4 personas o más el porcentaje es de 23%.	Se requiere que la vivienda sea planificada para un número de entre 4 y 5 personas por unidad de habitación
	Estatus laboral del padre de familia	En este ítem se obtiene resultados que indican que el 89% de padres de familia trabaja y el 11% no lo hace.	Se debe plantear una propuesta que considere el hecho de que el padre de familia labora fuera de casa
	Estatus laboral de la madre de familia	En este ítem se obtiene resultados que indican que el 56% de padres de familia trabaja y el 44% no lo hace.	Se debe plantear una propuesta que considere el hecho de que un importante porcentaje de madres de familia hace su actividad en casa. Será importante el planteamiento de ámbitos cómodos para labores domésticas.

Elaboración: Toledo A.

Tabla 04. Variables y estrategias. Patrones económicos

ÁMBITO	VARIABLE	RESULTADOS	ESTRATEGIAS
	Número de miembros que aportan económicamente al hogar	De acuerdo a la información obtenida se indica que 2 personas en un porcentaje del 44% aportan económicamente al hogar, al menos 1 persona se tiene un porcentaje del 36%, 3 personas de la familia, 3 habitantes de la familia aporta en un porcentaje del 16%, y más de 3 personas aportan en un porcentaje del 4%.	Al analizar este ítem se llega a la conclusión de que la familia en su conjunto está en la capacidad de hacer una inversión (así sea mínima) para la compra o adquisición de una vivienda social.
	Valor de ingresos económicos por familia	De este ítem analizado, los valores de ingresos económicos por familia se tiene que el 36% tiene ingresos más allá de los \$ 400, el 35% los valores obtenidos están entre los \$ 301 - \$ 400, el 17% tiene ingresos de \$ 201 - \$ 300 y el 12% de \$ 100 -\$ 200.	Si se toma en cuenta que la media del ingreso por familia es de alrededor de 400 dólares, y considerando que de ese valor, un 30% podría ser destinado a una cuota mensual para vivienda, el valor debiera ser de alrededor de \$120 dólares

ECONÓMICO	Valor de egresos económicos por familia	En este indicativo se tiene que las encuestas nos dan un resultado bastante semejante de gastos o egresos en estas familias, por lo que los resultados son los siguientes: el 27% tiene egresos que van de \$ 301 a \$ 400, el 26% de \$ 201 a \$ 300, el 24% tiene egresos superiores a \$ 400 y el 23% gastos que van de \$ 100 a \$ 200.	La media del gasto por familia es de alrededor de 200 dólares
	Monto económico de una familia para adquirir un departamento	Luego del correspondiente estudio de encuesta sobre el monto económico total máximo que podría utilizar una familia para la compra de un apartamento los resultados nos indican que el 39% no podría invertir ningún valor para la obtención una vivienda, el 29% estaría dispuesto a invertir \$20000, el 17% invertiría \$ 25000, el 9% lo haría con una inversión de \$ 30000 y el porcentaje restante que sería el 6% invertiría \$ 35000 o incluso algo más.	De acuerdo a lo indicado, se podría considerar como inversión para unidad de vivienda un monto de alrededor de \$20000 dólares. En este punto se podría llegar a un acuerdo con los diferentes ministerios del estado o con los gobiernos autónomos descentralizados para un plan de vivienda para familias que no tienen patrimonio económico, pero es lógico que debería existir una contraparte que a lo mejor sería emplazar dicha vivienda en un terreno familiar que cumpla con las condiciones necesarias
	Medio de transporte que se utiliza en el hogar	De la información recabada, el 71% de las familias ocupan el transporte público, mientras que el 28% tiene su propio medio de transporte y apenas el 1% ocupa el alquiler de transporte.	Con los parámetros obtenidos en los resultados se sugiera que por cada 3 viviendas o predio familiar se disponga de una plaza de parqueamiento, de preferencia se propondrán espacios de parqueo comunitario.

Elaboración: Toledo A.

Tabla 05. Variables y estrategias. Patrones habitacionales y constructivos

ÁMBITO	VARIABLE	RESULTADOS	ESTRATEGIAS
HABITACIONAL Y CONSTRUCTIVO	La vivienda es propia o arrendada?	En esta consulta se tiene que el 65% de familias disponen de una vivienda propia, y el restante en una vivienda arrendada.	La propuesta deberá considerar una familia por cada unidad habitacional
	Acabado predominante en la pared de la vivienda.	En este indicativo se tiene que el enlucido y pintado de las paredes abarca en un 50% de la muestra analizada, el 30% tiene solo las paredes pintadas, el 12% la mampostería es de ladrillo visto y el 8% es empastado.	Conforme los resultados, para la propuesta se considerarán paredes enlucidas y pintadas.
	Tipo de piso que predomina en los dormitorios	El porcentaje predominante en este estudio son los pisos de madera en un 52%, el 24% son pisos de cerámicas, el 21% pisos solo encementados y el 3% tiene otro acabado en los pisos.	De acuerdo a lo observado, se evidencia que los pisos deberán ser maderados y con revestimiento cerámico, dependiendo de los ambientes específicos.
	Disponen de baño social	En este estudio se obtiene que el 56% no dispone de un baño social, mientras que el 44% si dispone.	Se debería considerar al menos 1 baño social, que servirá para un, mejor estilo de vida a los habitantes.

Disponen de baño completo	En este estudio se obtiene que el 90% dispone de un baño social, mientras que el 10% no dispone.	Se debería considerar al menos 1 baño completo, ya que por cuestión de sanidad, salud esto mejora sustancialmente la vida de los habitantes de las viviendas
La actividad de reunión familiar es	El lugar predominante para reuniones de familia se lo hace en la sala teniendo este un porcentaje del 41%, el 31% en el comedor, el 16% en la cocina, el 9% en el comedor y apenas el 3% en el cuarto	En la búsqueda de optimización de espacios se plantea que los ambientes sociales sean abiertos, sala-comedor-cocina

Elaboración: Toledo A.

Tabla 06. Variables y estrategias. Patrones habitacionales y constructivos

ÁMBITO	VARIABLE	RESULTADOS	ESTRATEGIAS
HABITACIONAL Y CONSTRUCTIVO	Comparten el espacio de lavandería con otras familias	En este análisis se tiene que el 78% no comparte lavandería, mientras que el 22% si lo hace	Lo más recomendable es que cada vivienda tenga su espacio de lavado y un área de secado de ropa a cielo abierto o semicubierto
	Aceptarían una lavandería comunal	Este estudio demuestra el 67% de personas aceptaría compartir una lavandería comunal, mientras que el 33% restante no.	Dependiendo de la necesidad y el área por cada unidad de vivienda, se podrían pensar en espacios de lavandería de uso comunitario.
	Espacios que consideran menos necesarios en las viviendas	Los habitantes de las viviendas consideran en un 44% que la parte menos importante de la casa es el estudio, seguido por un 22% que considera que el lugar menos importante es un baño social, el 11% considera no importante a la lavandería, mientras que en un porcentaje del 4% tanto el dormitorio de padres como el baño completo es menos importante, el 5% piensa que la cocina es el lugar menos importante de la casa, y por último en un porcentaje del 3% se indica que el dormitorio de hijos y la cocina es la parte menos importante de la vivienda.	De acuerdo a lo indicado, se podría optimizar el espacio de trabajo en cada una de las habitaciones de la vivienda.
	Predisposición a participar en la construcción del su edificio de vivienda.	El 82% está de acuerdo en aportar para la construcción de su vivienda, mientras que la parte restante no está de acuerdo.	Se hace necesario plantear alternativas de sistemas de autoconstrucción en vivienda, asumiendo la predisposición de los usuarios.
	Número de baños completos que requieren las familias	En esta análisis se demuestra que el 56% de las familias desean tener 2 baños completos en su vivienda, el 29% desea solo 1 baño completo y el 15% quisiera tener 2 baños o más.	De acuerdo a lo indicado, sería pertinente plantear la unidad de vivienda con un baño social (1/2 baño) y un baño completo

Elaboración: Toledo A.

Conclusiones

- La vivienda, ya sea como capital tangible, activos o méritos, debe utilizarse para garantizar las necesidades de vida de los diferentes hogares a todo nivel. Asimismo, la condición de un activo excede su alcance físico (construcción) e involucra todos los aspectos de la determinación de su entorno y ubicación relativa. En este sentido, cuando se ha superado el acceso a tener una vivienda y la oportunidad de ingresar a la ciudad, se ha convertido en un aspecto básico para eliminar la pobreza familiar.
- Las personas de estrato social bajo que no tienen disponibilidad de acceder a una vivienda, cuando no acuden a un alquiler en condiciones inestables (o después de hacerlo), procederán a encontrar su estabilidad en invasiones y asentamientos irregulares apropiándose de manera ilegal de terrenos y lotes para ahí emplazar sus casas y así alcanzar a tener “algo propio” y conformar su patrimonio familiar; no hay duda de que esa es la más adecuada lógica y necesidad de criterio de las personas más pobres, y las políticas públicas de vivienda no pueden (o no quieren) tomar medidas efectivas para brindar a las personas opciones alternativas.
- El estudio realizado, analizó tres secciones importantes para determinar el comportamiento de las familias de estrato social, que servirán para la implementación de vivienda social de acuerdo a sus necesidades prioritaria. Con ello, se determina que los mayores requerimientos y sugerencias son:
- El resultado refiere que hay un porcentaje importante de dos o más familias habitando en una sola unidad de vivienda, por lo que lo más conveniente sería una casa para cada familia. Se recomienda que, en estas viviendas, la mampostería utilizada sea de ladrillo o bloque, enlucida y pintada, con pisos de madera y revestimiento cerámico que dependerá de los ambientes específicos; lógicamente, se debe analizar el factor económico para la adquisición y calidad de los materiales, y que los mismos permitan un adecuado nivel de mantenimiento, tanto en costo como en tiempo de ejecución.
- La unidad de habitación social debería ser planificada para un número de entre 4 y 5 habitantes, optimizando los espacios con ambientes sociales abiertos, sala-comedor-cocina; siendo estos también cómodos para labores domésticas, ya que existe un porcentaje considerable de madres de familia que realiza actividades en casa. Se debe considerar una habitación para padres o jefes de familia, al igual que una habitación individual para hijo e hija, espacio que debería preverse como un área de descanso, que dispondrá de una estación puntual para trabajo o estudio remoto. Adicionalmente, los espacios serán concebidos tomando en cuenta el criterio de accesibilidad universal, debido al importante porcentaje de personas con capacidades diferentes y adultos mayores; por ello, se deberían implementar espacios útiles y confortables para este tipo de personas.
- La casa, deberá disponer de al menos un baño social y uno completo, área de lavado y secado de ropa, preferiblemente al aire libre o un patio semi-cubierto para estos menesteres. Ahora, para una mejor optimización de recursos y espacio

dependiendo de la necesidad de cada hogar, se puede plantear el emplazamiento de un área comunal para el uso de un grupo de familias. Al haber usuarios menores (infantes) que se quedan en casa mientras sus padres trabajan, se planificarán espacios para dar seguridad a los niños; o, de ser el caso, se podría proponer una guardería en el conjunto residencial para el cuidado de los pequeños.

- Analizando la parte económica de las familias se indica un importante porcentaje de los miembros de familia tienen actividad laboral definida. De ello se deriva que la media de ingresos de todos los habitantes del hogar está en alrededor de 400 dólares y la media de gasto familiar bordea los 200 dólares. Con ello, el núcleo familiar en su conjunto estaría en capacidad de hacer una inversión de un monto que bordearía los 20000 dólares destinados a la adquisición de una vivienda y para las personas que no tienen un patrimonio económico, considerar acuerdos con entes públicos o privados para acceder a un plan de vivienda, o la posibilidad de inversión de esos recursos en un predio propio que disponga de servicios adecuados para el proceso constructivo y de edificación, empleando sistemas constructivos actuales en los que prime la autoconstrucción, esto gracias a la predisposición de los interesados y la imperativa necesidad de acceso a una vivienda social digna.

AGRADECIMIENTOS: El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Referencias bibliográficas

- Estudio del BID: América Latina y el Caribe encaran creciente déficit de vivienda | IADB. (n.d.). Retrieved February 1, 2018, from [https://www.iadb.org/es/noticias/comunicados-de-prensa/2012-0514/deficit-de-vivienda-en-america-latina-y-el-caribe%2C9978.html#getNews\(9969,''\)#](https://www.iadb.org/es/noticias/comunicados-de-prensa/2012-0514/deficit-de-vivienda-en-america-latina-y-el-caribe%2C9978.html#getNews(9969,'')#)
- Franco, P. (2013). Políticas alternativas de vivienda en América Latina y el Caribe, 1–118.
- Held, G. (2000). Políticas de viviendas de interés social orientadas al mercado: experiencias recientes con subsidios a la demanda en Chile, Costa Rica y Colombia. Naciones Unidas, CEPAL, Unidad de Financiamiento para el desarrollo, Div. de Comercio Internacional y Financiamiento para el desarrollo. Retrieved from <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5304-politicas-viviendas-interes-social-orientadas-al-mercado-experiencias-recientes>.
- Inmobiliario, M. (2005). Boletín CF + S 29 / 30. Junio 2005.

- Muñoz, O., Patricia, P., Ochoa, R., & Maritza, J. (2011). Estudio de Factibilidad Financiera para la Construcción y Comercialización de casas, Ubicadas en el sector de Challuabamba en la ciudad de Cuenca Estudio de Factibilidad Financiera para la construcción y, 111. Retrieved from <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&cad=rja&uact=8&ved=0CEMQFjAE&url=http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1294/14/UPS-CT002241.pdf&ei=QDRdU4OmN8ThsAStzIGwCA&usg=AFQjCNGTHZxGEA7Du4Arh96knIL4qruFaQ&bvm=bv.65397613,d.cWc>
- Tierra, C. C. O. N., Calle, M. B. A., Aguilar, P. J. A., Pesántez, J. F. P., & Angélica, M. (2017). INCIDENCIA DE LA TIERRA EN EL CONFORT DE PERSONAS INVIDENTES EN AMBIENTES DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE.
- Sustentable, A., & La, E. N. (2007). ARQUITECTURA TRADICIONAL DE CUENCA, RECUPERACIÓN Y, (1557), 48–70

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Toledo Toledo, Álvaro, Toledo Toledo, J. F., & Avila Calle, M. (2021). Estrategias para diseño de vivienda social en Cuenca – Ecuador, mediante un análisis cuantitativo de patrones sociales, económicos, habitacionales y constructivos. *Ciencia Digital*, 5(2), 79-99. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1595>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Búsqueda de lo problémico en la enseñanza de la Física en la carrera de Técnico Superior de Biofísica Médica



Search of the problematic in the teaching of Physics for medical biophysics senior technicians

Alexander Torres Hernández.¹ & Juan Jesús Mondéjar Rodríguez.²

Recibido: 27-02-2021 / Revisado: 03-03-2021 / Aceptado: 13-03-2021/ Publicado: 05-04-2021

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1596>

Introduction. Problemic teaching is one of the approaches used in Cuba in order to teach Physics. Nevertheless, in the class observation of the subjects: Applied Physics and Radiation Physics for Medical Biophysics Senior Technicians in the University of Medical Sciences in Matanzas, it could be noticed that there are some limitations to find the problemic in the application of the problemic teaching by professors. **Objective.** to show the results of specialists' assessment on the usefulness degree of the redesigned procedure: search of problemic, for it to be applied in the lessons plan of Physics for Medical Biophysics Senior Technicians. Analysis - synthesis was the method used in the bibliography studied on didactics of Physics, problemic teaching and physics. Hypothetical - deductive method was used in the procedure redesign. A non- probabilistic sample was used, taking into account the authors' possibilities to hand in the document with the proposal to the specialists who teach physics and then, picking up the instrument. **Results.** the results show that the specialists' criterium about the usefulness of the didactic procedure desingned is favorable. However, an assessment of a higher number of specialists is needed, as well as the introduction of the procedure in the system of the

¹ Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas, Facultad de Ciencias Médicas de Matanzas Dr. Juan Guiteras Gener, carrera de Técnico Superior en Biofísica Médica, Matanzas, Cuba, alexanderth.mtz@infomed.sld.cu, <https://orcid.org/0000-0002-9235-410X>

² Universidad de Matanzas, Departamento metodológico, Matanzas, Cuba, juan.mondejar@umcc.cu, [https:// orcid.org/ 0000-0002-5462-9600](https://orcid.org/0000-0002-5462-9600)

methodological preparation of physic professors in the University of Medical Sciences of Matanzas through the development of methodological lessons and workshops. **Conclusions.** It is necessary to widen the study concerning the sample of specialists in order to confirm the favorable criterium of the procedure usefulness, as well as inserting it in the teaching of physics to generalize the results through the application of scientific methods, particularly in the major in Medical Biophysics Senior Technicians.

Keywords: Problemic teaching, Teaching of Physics, Didactic Procedures, medical biophysics senior technicians

Resumen.

Introducción. Uno de los enfoques utilizados en Cuba para impartir Física es la enseñanza problémica. Sin embargo, en la observación a clases de las asignaturas de Física aplicada y Física de las radiaciones en la carrera de Técnico Superior de Biofísica Médica en la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas, se constató que, en la aplicación de la enseñanza problémica por parte de los profesores, existen limitaciones para encontrar lo problémico. **Objetivo.** Mostrar los resultados de la valoración de los especialistas sobre el grado de utilidad del procedimiento rediseñado búsqueda de lo problémico, para aplicarse en la planificación de las clases de Física que se imparten en la carrera de Técnico Superior de Biofísica Médica. **Metodología.** Se empleó el análisis y síntesis para el estudio de la bibliografía sobre didáctica de la Física, la enseñanza problémica y física. El hipotético-deductivo para el rediseño del procedimiento. Se utilizó una muestra no probabilística, en correspondencia con las posibilidades de los autores para entregar el documento con la propuesta a los especialistas que son profesores de Física y recoger el instrumento. **Resultados.** Los resultados expresan que el criterio de los especialistas es favorable en cuanto a la utilidad del procedimiento didáctico diseñado. No obstante, se necesita realizar una valoración con un número superior de especialisas e introducir el procedimiento propuesto en el sistema de preparación metodológica de los profesores de Física de la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas mediante el desarrollo de clases metodológicas y talleres. **Conclusiones.** Es necesario ampliar el estudio en cuanto a la muestra de especialistas para confirmar el criterio favorable de utilidad del procedimiento diseñado e introducirlo en la enseñanza de la Física para mediante la aplicación de los métodos científicos generalizar sus resultados y en particular en la carrera de Técnico Superior de Biofísica Médica.

Palabras claves: Enseñanza problémica, Enseñanza de la Física, Procedimientos didácticos, Técnico Superior de Biofísica Médica.

Introducción.

La Física es una de las ciencias básicas que favorece la comprensión de múltiples procesos biomédicos. Su enseñanza en las carreras técnicas de la salud contribuye a formar conocimientos sólidos en los estudiantes sobre el funcionamiento biológico del cuerpo humano y de los equipos de diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

Uno de los enfoques utilizados en Cuba para impartir Física es la enseñanza problémica. Varios investigadores (Majmutov, 1983), (Escudero, 2016), (Escudero, González, & García, 2016), (Gangoso, 2016) coinciden en que favorece la independencia cognoscitiva y el desarrollo de la creatividad de los estudiantes. Esta concepción de la enseñanza se emplea con mucha frecuencia en la educación médica (Pentón Velázquez, Patrón González, Hernández Pérez, & Rodríguez, 2012). Y es muy útil para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física en las carreras técnicas de las ciencias de la salud. Estos investigadores coinciden en la importancia de este enfoque para propiciar un aprendizaje óptimo, sin embargo, se observa la carencia de procedimientos didácticos para que los profesores determinen lo problémico en el proceso planificación de las clases, lo cual se manifiesta como una dificultad metodológica en la preparación de los docentes.

Existe consenso en (Escudero, 2016), (Escudero, González, & Garcia, 2016), (Espinoza Freire, 2018), (Gangoso, 2016), (Pentón Velázquez, Patrón González, Hernández Pérez, & Rodríguez, 2012), (Puig Vázquez, Curuneaux Aguilar, Chávez Jiménez, Bony del Pozo, & Montes de Oca Selim, 2016), (Torres-Hernández & del Toro Hechavarría, 2002), (Sardar Ali, 2019) que en la enseñanza problémica se introducen contradicciones y el profesor debe ser capaz de escogerlas y tener una actitud orientadora, dialógica, que permita a los estudiantes participar de manera activa en la búsqueda de la solución de esta, sea por la vía de la investigación o la reflexión teórica, en la que se asimilan los conocimientos y al mismo tiempo se configura como un espacio en el que se puede potenciar la creatividad. Es criterio de los autores de este texto que en ese proceso juega un rol fundamental la comunicación, no como una directiva o discurso teórico-metodológico implícito, que emerge de manera espontánea, sino pensado desde la preparación metodológica del profesor cuando planifica la clase en cuestión.

Se defiende en este texto que, en este tipo de enseñanza, lo problémico es la esencia para poder diseñar actividades didácticas para su aplicación. Sin esta categoría sería imposible estructurar una situación problémica para presentarla a los estudiantes. Ella propicia y revela la condición contradictoria que provoca la necesidad de realizar una actividad para solucionar un problema.

Sin embargo, en la observación a clases de las asignaturas de Física aplicada y Física de las radiaciones en la carrera de ciclo corto de Técnico Superior de Biofísica Médica en la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas en Cuba, se constató que, en la aplicación de la enseñanza problémica por parte de los profesores, existen limitaciones para encontrar lo problémico, lo cual repercute en la utilidad de este método y en el aprendizaje desarrollador de los estudiantes.

Es criterio de los autores, que la didáctica de la física es deudora de procedimientos didácticos que posibiliten la búsqueda de lo problémico en el proceso de planificación de las clases. Uno de los referentes teóricos al respecto, es el procedimiento didáctico elaborado con ese propósito por (Torres-Hernández & del Toro Hechavarría, 2002). No obstante, este necesita ser evaluado de manera teórico-práctica por los profesores de

Física en el ejercicio de su profesión y por la comunidad científica. Para este estudio, se rediseñó y presentó a un grupo de especialistas para su valoración.

El objetivo de este artículo es mostrar los resultados de la valoración de los especialistas sobre el grado de utilidad del procedimiento rediseñado búsqueda de lo problémico, para aplicarse en la planificación de las clases de Física que se imparten en la carrera de ciclo corto de Técnico Superior de Biofísica Médica.

Metodología.

Se empleó el análisis y síntesis para el estudio de la bibliografía sobre didáctica de la Física, la enseñanza problémica, física y la investigación de referencia presentada por (Torres-Hernández & del Toro Hechavarría, 2002). El hipotético-deductivo para el rediseño del procedimiento. Se utilizó una muestra no probabilística, en correspondencia con las posibilidades de los autores para entregar el documento con la propuesta a los especialistas que son profesores de Física y recoger el instrumento, lo que estuvo condicionado por la situación de la pandemia de la Covid19 porque la consulta se realizó entre 3 de abril y 30 de abril de 2020. Este fue un momento en el que se implementó por el gobierno varias medidas regulatorias que impedían el desarrollo de la docencia de manera presencial y las reuniones de trabajo para evitar el contagio con el SARS-CoV2. En esta etapa se utilizó el correo electrónico y el WhatsApp como vía de intercambio de la información.

El total de especialistas consultados fue 13, cinco de la Universidad de Matanzas, cuatro de la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas, dos de la Universidad de Oriente y dos de la Universidad Tecnológica de la Habana. De ellos siete tienen grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas, cinco tiene categoría académica de Máster en Ciencias y un licenciado. El promedio de años de experiencia es de 24,30.

Se les envió a los especialistas un documento de tres cuartillas en el que se justificaba desde los referentes teóricos y prácticos la necesidad de diseñar un procedimiento didáctico para la búsqueda de lo problémico en la implementación de la enseñanza problémica de la Física. Además, en el referido documento se encontraba el procedimiento propuesto, una encuesta con tres preguntas sobre la utilidad de la enseñanza problémica y la frecuencia con que la aplicaban, así como una tabla en la que debían marcar para cada uno de los pasos que estructuran el procedimiento propuesto en una escala valorativa sobre su utilidad.

La carrera de ciclo corto de Técnico Superior de Biofísica Médica tiene una duración de tres años y recibe la asignatura Física Aplicada en el primer semestre y Física de las radiaciones en el segundo semestre. La primera está orientada hacia la mecánica y electromagnetismo clásicos aplicados a los procesos biológicos y la segunda hacia los fundamentos nucleares que permiten emplear las radiaciones para el diagnóstico y tratamiento de diferentes patologías.

Resultados.

Una situación problemática se encuentra relacionada con lo que pudiera ser problemático para los sujetos, en este caso para los estudiantes, de ahí la importancia de realizar un adecuado diagnóstico psicopedagógico del grupo de estudiantes, de modo que encontrar lo problemático no resulta entonces una tarea espontánea. Por esta razón la posibilidad de utilizar un procedimiento didáctico que contribuya a encontrar lo problemático en la enseñanza de la Física, resulta necesario y consecuente con los propósitos de optimización del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Más allá de las teorizaciones sobre los procedimientos didácticos interesa aquí esclarecer que se ha entendido por estos: al conjunto de acciones didácticas – metodológicas concretas que contribuyen al logro de los objetivos parciales. Se considera que estos no son únicamente parte del método de enseñanza, también forman parte de la actividad preparatoria del docente en el proceso de planificación de las clases.

El procedimiento que se presentó a los especialistas fue el siguiente:

1. El profesor debe utilizar el diagnóstico psicopedagógico de sus estudiantes, para determinar cuáles son las habilidades intelectuales y físicas de estos, como se comporta regularmente la apropiación de los conocimientos y cuáles son los conocimientos previos que dominan. En este aspecto se incluye la cultura de la comunidad de donde proviene, así como las tradiciones, el lenguaje común y el científico.
2. Búsqueda de los hechos y fenómenos que se relacionan con el tema a tratar y son explicados por la ley o teoría que se corresponda al contenido de la clase.
3. Análisis de los hechos y fenómenos encontrados.
4. Análisis de las leyes y teorías que explican estos hechos y fenómenos.
5. Búsqueda de contradicciones entre los hechos y fenómenos con la ley y teoría que las explican.
6. Sino se encuentran, buscar contradicciones entre hechos y hechos.
7. Buscar contradicciones entre hechos y ley.
8. Buscar contradicciones entre una teoría y otra.
9. Buscar contradicciones entre hechos y teorías.
10. Buscar contradicciones entre modelo y leyes.
11. Buscar contradicciones entre modelos y hechos.
12. Buscar contradicciones entre teorías y sujeto.
13. Buscar contradicciones entre lo conocido por el sujeto (estudiante) y lo visto por él (en el caso de clase de laboratorios o experimentos).

Este importante referirse que todos estos pasos necesariamente no tienen que cumplirse, puede ser que antes de desarrollarse todos se encuentre lo problemático para una clase en particular. Sin embargo, si se realizan todos los pasos para una unidad de estudio o varias unidades, puede contribuir a obtener una visión abarcadora de lo problemático no solo en

una clase determinada sino también en un sistema de clase, de modo que se puede señalar como un procedimiento general para este propósito.

De manera particular lo problemático puede iniciarse en una clase mediante preguntas o a través de la propia actividad que se proponga a los estudiantes durante el desarrollo de la clase y que en su ejecución se encuentre una contradicción que propicie una situación problemática.

Los resultados de la encuesta a los especialistas reveló que el 100 % consideraban la enseñanza problemática como un enfoque útil para el desarrollo de la creatividad y el aprendizaje de los conocimientos físicos por parte de los estudiantes. El 69,23 % emplean la enseñanza problemática entre el 60 % y el 80 % de las clases. Tres profesores que representan el 23,07 % la utilizan con poca frecuencia, entre el 30 % y el 50 %. Y uno de ellos en menos del 30 % de las clases.

Los resultados de la valoración que realizaron los especialistas sobre el grado de utilidad del procedimiento se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1: Respuestas sobre el grado de utilidad del procedimiento para la búsqueda de lo problemático en la enseñanza de la Física

Pasos	Muy útil	Útil	Regularmente útil	Poco útil	No es útil
1	13				
2	13				
3	13				
4	10	3			
5	12	1			
6	13				
7	11	2			
8	13				
9	13				
10	13				
11	13				
12	9	2	2		
13	13				

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados parciales expresan que el criterio de los especialistas es favorable en cuanto a la utilidad del procedimiento didáctico diseñado. No obstante, se necesita realizar una valoración con un número superior e introducir en el sistema de preparación metodológica de los profesores de Física de la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas mediante el desarrollo de clases metodológicas y talleres que permitan instruir para aplicarlo en la planificación de las clases de Física de las carreras técnicas de la salud.

Se considera que puede ser utilizado en cualquier enseñanza, aunque para confirmarse debe validarse mediante el método científico y su introducción en diferentes contextos educativos en los que se empleen los métodos problémicos en la enseñanza de la Física.

Conclusiones.

- Los profesores de Física Aplicada y Física de las Radiaciones de la carrera de Técnico superior de Biofísica Médica presentan limitaciones metodológicas para encontrar lo problémico cuando emplean la enseñanza problémica.
- Es necesario ampliar el estudio en cuanto a la muestra de especialistas para confirmar el criterio favorable de utilidad del procedimiento diseñado e introducirlo en la enseñanza de la Física para mediante la aplicación de los métodos científicos generalizar sus resultados y en particular en la carrera de Técnico Superior de Biofísica Médica.

Bibliografía

- Cabrales Perdomo, Y., Silva Peña, J. L., & Domínguez Reyes, A. (Abril de 2016). Procedimiento didáctico para la resolución de problemas matemáticos. *Boletín Virtual*, 5-4, 34-41.
- Calderón Marín, C. (2018). *Programa de la asignatura Física Aplicada*. Ministerio de Salud Pública, La Habana.
- Calderón Marín, C. F. (2018). *Programa de Física de las Radiaciones*. Universidad de Ciencias Médicas de la Habana, La Habana.
- Escudero, C. (2016). Los procedimientos en resolución de problemas de alumnos de 3° año: caracterización a través de entrevistas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(2), 155-175.
- Escudero, C., González, S., & Garcia, M. (2016). Resolución de Problemas en el Aula de Física: Un análisis del discurso de su enseñanza y su aprendizaje en nivel medio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4(3), 229-251.
- Espinoza Freire, E. E. (2018). Presencia de los métodos problémicos en la educación básica. *Mendive*, 16(2), 262-277.

- Fergusson Ramírez, E. M., Gorina Sánchez, A., Alonso Berenguer, I., & Salgado Castillo, A. (Octubre-diciembre de 2018). Perfeccionando los procedimientos didácticos para la formación investigativa de estudiantes de Ciencia de la Computación. *Revista Científico Pedagógica Atenas*, 4(44), 28-45.
- Gangoso, Z. (2016). Investigaciones en resolución de problemas en ciencias. *Investigaciones em ensino de Ciências*, 4(1), 7-50.
- Gorina Sánchez, A., & Alonso Berenguer, I. (2014). Un sistema de procedimientos didácticos para potenciar la formación del pensamiento estadístico en el nivel universitario. *Órbita Pedagógica*, 1(2), 41-54.
- Majmutov, M. I. (1983). *La enseñanza problémica*. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
- Malaspina, U. (2016). Creación de problemas: sus potencialidades en la enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*(15), 321-331.
- Ministerio de Salud Pública. Universidad de Ciencias Médicas de la Habana. (2018). *Modelo de formación profesional del nivel de educación superior de ciclo corto en Biofísica Médica*. La Habana.
- Pentón Velázquez, Á. R., Patrón González, A., Hernández Pérez, M. d., & Rodríguez, Y. A. (2012). Elementos teóricos de la enseñanza problémica. Métodos y Categorías. *Gaceta Médica Espirituana*, 14(1).
- Puig Vázquez, L., Curuneaux Aguilar, E., Chávez Jiménez, M., Bony del Pozo, P. L., & Montes de Oca Selim, A. (2016). La enseñanza problémica como alternativa didáctica en el tema Estadísticas Sanitarias para la asignatura Metodología de la Investigación y Estadística. *Información Científica*, 95(6), 985-993.
- Sardar Ali, S. (2019). Problem Based Learning: A Student-Centered Approach. *English Language Teaching*, 12(5), 73-78.
- Sobrado Olalde, C. I., & Lozano Ramos, D. (abril-junio de 2019). Propuesta de situaciones problémicas para la enseñanza y el aprendizaje de la Educación Física en la Universidad de las ciencias informáticas. *OLIMPIA*, 16 (55), 139-150.
- Torres-Hernández, A., & del Toro Hechavarría, Y. (2002). *Procedimiento didáctico para la búsqueda de lo problémico en la enseñanza de la Física*. Tesis en opción al diploma de Licenciado en Educación especialidad Física-Electrónica, Instituto Superior Pedagógico Frank País García, Física, Santiago de Cuba.

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Torres Hernández, A., & Mondéjar Rodríguez, J. J. (2021). Búsqueda de lo problemático en la enseñanza de la Física en la carrera de Técnico Superior de Biofísica Médica . Ciencia Digital, 5(2), 100-108. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1596>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Influencia de un carenado superior en la fuerza de arrastre de un camión



Influence of a higher fairing on the pulling force of a truck

David Paul Pachacama Gualotuña.¹, Darwin Anderson Pachacama Gualotuña.²,
Claudio Constante Córdova Orellana.³ & Fredy Rafael Llulluna Llumiquirena.⁴

Recibido: 28-02-2021 / Revisado: 10-03-2021 / Aceptado: 20-03-2021 / Publicado: 05-04-2021

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1610>

Introduction: The consumption of diesel fuel in the country represented 36.61 [%] of the demand for petroleum derivatives in 2019, which is why it seeks to propose savings alternatives in the land freight transport sector. For this reason, the influence of an upper cabin fairing (windbreaker) on the drag force, which is generated when the truck moves forward, displacing a large amount of air that flows through the exterior and interior of the truck, was analyzed. **Objective:** To analyze the influence of a higher fairing on the drag force of a truck using the one-dimensional equation of the drag force and computational fluid dynamics software. **Methodology:** This effect was estimated using the one-dimensional drag force equation, which relates the drag coefficient, air density, frontal area, air speed and truck speed, with the help of a software of computational fluid dynamics (CFD), which requires a simplified geometry at 1: 1 scale of the truck and the upper fairing, the domain is generated and the boundary conditions governing the physical phenomenon are taken. **Results:** A decrease of 0.102 [kN] is obtained at a truck speed of 40 [km / h], as the speed increases to 120 [km / h], the force decreases by 0.788 [kN]. **Conclusions:** There is a reduction of 8.734 [%] in the drag force when using the

¹ Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias Exactas, Quito, Ecuador, dppachacama1@espe.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4979-7332>

² Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias Exactas, Quito, Ecuador, dapachacama@espe.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1408-8261>

³ Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Formación Básica, Quito, Ecuador, claudio.cordova@epn.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6972-183X>

⁴ Universidad Regional Amazónica Ikiam, Facultad de Ciencias Socioambientales, Tena, Ecuador, fredy.llulluna@ikiam.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5981-2394>

upper cabin fairing, this is complemented by the study carried out on fuel consumption on the road where there is a saving of 4.63 [%] with the use of the upper cabin fairing.

Keywords: Drag force; drag coefficient; upper fairing; computational fluid dynamics; one-dimensional equation; air density.

Resumen.

Introducción: El consumo del combustible diésel en el país representó un 36.61 [%] de la demanda de derivados de petróleo en el año 2019, razón por la cual se busca proponer alternativas de ahorro en el sector del transporte terrestre de carga. Por esta razón se analizó la influencia de un carenado superior de cabina (rompe-viento) en la fuerza de arrastre, que se genera cuando el camión avanza desplazando gran cantidad de aire que fluye por el exterior e interior del camión. **Objetivo:** Analizar la influencia de un carenado superior en la fuerza de arrastre de un camión mediante la ecuación unidimensional de la fuerza de arrastre y un software de dinámica de fluidos computacional. **Metodología:** Este efecto se estimó mediante la ecuación unidimensional de la fuerza de arrastre, la cual relaciona el coeficiente de arrastre, la densidad del aire, el área frontal, la velocidad del aire y la velocidad del camión, con la ayuda de un software de dinámica de fluidos computacional (CFD), el cual requiere una geometría simplificada a escala 1:1 del camión y el carenado superior, se genera el dominio y se toma las condiciones de frontera que rige el fenómeno físico. **Resultados:** Se obtiene una disminución del 0.102 [kN] a una velocidad del camión de 40 [km/h], conforme se incrementa la velocidad a 120 [km/h], la fuerza disminuye en 0.788 [kN]. **Conclusiones:** Se tiene una reducción del 8.734 [%] en la fuerza de arrastre al utilizar en carenado superior de cabina, esto se complementa con el estudio realizado de consumo de combustible en carretera en donde se tiene un ahorro del 4.63 [%] con el uso del carenado superior de cabina.

Palabras claves: Fuerza de arrastre; coeficiente de arrastre; carenado superior; dinámica de fluidos computacional; ecuación unidimensional; densidad del aire.

Introducción.

El consumo interno de combustible diésel 2 y el diésel premium que se utiliza en el transporte terrestre de carga, tuvo un valor de 32,945 millones de barriles, frente a las gasolinas que se utiliza en el transporte liviano que tuvo un valor de 30,156 millones de barriles, han hecho que varias instituciones públicas y privadas emprendan estudios relacionados a la eficiencia energética en el sector automotriz con la finalidad de reducir el consumo de combustible y por ende las emisiones contaminantes que emiten los vehículos de combustión interna (Petroecuador, 2019).

Según datos del balance energético nacional, el consumo de 43 millones de barriles equivalentes de petróleo se lo lleva en sector del transporte, el terrestre con un 87 [%], el aéreo con un 6 [%] y el marítimo con un 7 [%], dentro del transporte terrestre ocupa un 44 [%] la carga pesada, 20 [%] la carga liviana, 15 [%] autos y jeeps, 3 [%] buses, 3 [%] taxis y 2 [%] otros. En diesel se han consumido 819,18 miles de galones, de los cuales la carga pesada representa un 74 [%], la carga liviana 19 [%], pasajeros colectivo 6 [%] y pasajeros individual 1 [%] (Balance-Energético, 2016).

La venta de camiones registra un valor de 150.952 unidades en los últimos 19 años a partir del año 2.000, gran parte de estos camiones carecen de un carenado (rompe-vientos) colocado en la parte superior de la cabina del camión, sea este un accesorio proporcionado por la casa fabricante o construido bajo especificaciones del propietario en una empresa de carrocerías (AEADE, 2019).

La aerodinámica es una ciencia aplicada con varias aplicaciones prácticas en ingeniería. No importa cuán elegante pueda ser una teoría aerodinámica, o matemáticamente compleja puede ser una solución numérica, o cuán sofisticado es un experimento aerodinámico, todos estos esfuerzos suelen estar dirigidos a la predicción de fuerzas – momentos, la transferencia de calor a los cuerpos que se mueven a través de un fluido (generalmente aire) y a la determinación de flujos que se mueven internamente a través de conductos (Jhon D., 1991).

Estudios realizados en la ciudad de Cuenca de un vehículo liviano mediante un software de dinámica de fluidos computacional, obtienen un incremento del coeficiente de arrastre de 0,293 a un valor de 0,318 con el análisis de la influencia de llevar las ventanas totalmente abiertas en el vehículo, resultado obtenido bajo condiciones meteorológicas de la zona (presión atmosférica 74,5 kPa y densidad del aire 0,957 kg/m³) y una altitud de 2.550 m.s.n.m. (Aguilar, Caldas, Rivera, & Tapia, 2017).

Un modelo a escala 1:32 de un tracto camión con su zona de carga se someten a un túnel de viento por separado, obteniendo un coeficiente de arrastre de 0,608 correspondiente solo a la cabina del tracto camión, en cambio cuando se adiciona la zona de carga al tracto camión el coeficiente de arrastre se incrementa a un valor de 0,704 también se visualiza el flujo de aire que circula en los dos casos de estudio, un de las características del túnel de viento es variar la velocidad del viento en un rango de 0 [m/s] a 28 [m/s] (0 km/h a 100,8 km/h) (Bayindirli, Salman, & Akansu, 2016)

El coeficiente de arrastre es un numero adimensional que varía según el diseño exterior e interior, visibilidad, comodidad, estilo, estabilidad, etc. de las superficies de la cabina y zona de carga, adquiere un valor de 0,78 en camiones sin la ayuda dispositivos aerodinámicos y se reduce a 0,64 cuando se utiliza un carenado superior de cabina (SAE-J2188, 2018). Estudios realizados en USA indican que se logra una reducción del 15 [%] en el coeficiente de arrastre de un tracto-camión y un 6,5 [%] en el consumo de combustible (Hirz & Stadler, 2013).

Al evaluar el coeficiente de arrastre en un software de dinámica de fluidos computacional (CFD) de un semirremolque cisterna, bajo diferentes condiciones atmosféricas en la provincia de Riobamba se obtuvo 1,18 y en la provincia del Guayas el valor fue de 0,86 estos resultados son adimensionales, esto es debido a la presión atmosférica que varía según la altura donde se realice las pruebas, a nivel del mar el flujo de aire que recorre por el vehículo restringe considerablemente su movimiento en relación a un punto con altura (Remache, Tipanluisa, Salvador, & Erazo, 2015).

Estudios realizados en Chile bajo la norma SAE J1321 la cual estipula un procedimiento de medición del consumo de combustible en camiones, para ello se requiere recorrer una distancia mayor a 64 [km], con una velocidad constante de 90 [km/h], la medición de la cantidad de combustible se la realiza al inicio y final del recorrido mediante el método de gravimetría (pesar el combustible en una balanza), la diferencia entre estos valores dará como resultado el consumo de combustible, adicional se debe cumplir con varios parámetros tanto para el camión, tramo de carretera y condiciones atmosféricas. Al comparar las cabinas de un tracto-camión Freightliner (Argosy y Columbia) se obtiene un 3,96 [%] en el ahorro de combustible por el diseño aerodinámico que posee la cabina Columbia del tracto-camión (Villalobos, Gavilan, Salazar, & Rojas, 2012). Otro estudio realizado bajo esta misma normativa, se obtiene como resultado que al utilizar varios dispositivos aerodinámicos (carenado superior, frontal y lateral, generador de vórtices y cubre tanque) se logra una reducción del 15.4 [%] del consumo de diesel de un tracto-camión (Villalobos, Arancibia, Retamal, Olivo, & Vásquez, 2011).

En Ecuador el consumo de combustible de un camión al utilizar un deflector de aire (carenado superior) bajo la norma DIN 70 030-2 la cual también estipula en su procedimiento recorrer una distancia de 10 km, con una velocidad constante de 90 km/h, la medición de la cantidad de combustible se la realiza al inicio y final del recorrido mediante el método de gravimetría, la diferencia entre estos valores dará como resultado el consumo de combustible, adicional se debe cumplir con varios parámetros tanto para el camión, tramo de carretera y condiciones atmosféricas. Al realizar las pruebas en la carretera del territorio se obtuvo un ahorro de 4.63 [%] para un camión de carga mediana (Pachacama & Simbaña, 2017).

Metodología.

Se analizó un camión estándar de carga mediana, con su respectiva zona de carga y carenado superior de cabina fabricados bajo especificaciones del propietario, bajo la ecuación unidimensional de la fuerza de arrastre, de manera que se puedan observar los cambios que se generan, al variar los parámetros que la componen. Además, se utiliza un software de dinámica de fluidos computacional (CFD) para estimar la fuerza de arrastre bajo condiciones de operación, del fenómeno físico que se produce con el desplazamiento del camión y su entorno.

El vehículo escogido se ha destacado durante varios años, por sus ventas específicamente en chasis para buses y camiones, en el año 2019 se posicionó con 4210 unidades vendidas,

ocupando un 3.18 [%] de participación de mercado en este sector, en relación a sus competidores, en la tabla 1 se indica varias especificaciones del camión seleccionado (AEADE, 2019).

Tabla 1. Características del camión.

Descripción	Valor
Marca	HINO 500
Modelo	GD8JLSA
Peso bruto vehicular	11900 kg
Potencia	191 kW @ 2500 rpm
Torque	745 Nm @ 1500 rpm
Velocidad máxima	121 km/h
Pendiente superable	47.4 %
Capacidad del tanque	200 L
Sistema de combustible	Inyección directa

Fuente: (Hino-Motors, 2014)

La fuerza resistiva ocasionada por el flujo de aire generado cuando el vehículo avanza hacia adelante por una carretera, se la puede estimar mediante la ecuación unidimensional (Jhon D., 1991).

$$L = C_D \cdot q_\infty \cdot S$$

En donde:

L : Fuerza de arrastre (N)

C_D : Coeficiente de arrastre (adimensional)

q_∞ : Presión dinámica (kg/m)

S : Área frontal (m²)

Presión dinámica de corriente libre de aire, es la energía cinética del fluido debida a la velocidad del fluido en su movimiento. Esta presión no se manifiesta ejerciendo una fuerza sobre una superficie, como ocurre con la presión estática, sino que es la energía por unidad de volumen que posee el fluido en movimiento y se puede calcular mediante la ecuación (Ehsani, Gao, Gay, & Emadi, 2014).

$$q_\infty = \frac{1}{2} \rho_\infty (v + v_\infty)^2$$

En donde:

ρ_∞ : Densidad del aire (kg/m³)

v : Velocidad del vehículo (m/s)

v_{∞} : Velocidad del aire (m/s)

Al utilizar el método de dinámica de fluidos computacional (CFD) para estimar el fenómeno físico que está ocurriendo con el aire al momento de circular por la superficie del camión, se requieren varias etapas de análisis como se indica en la figura 1 (Hirsch, 2007).

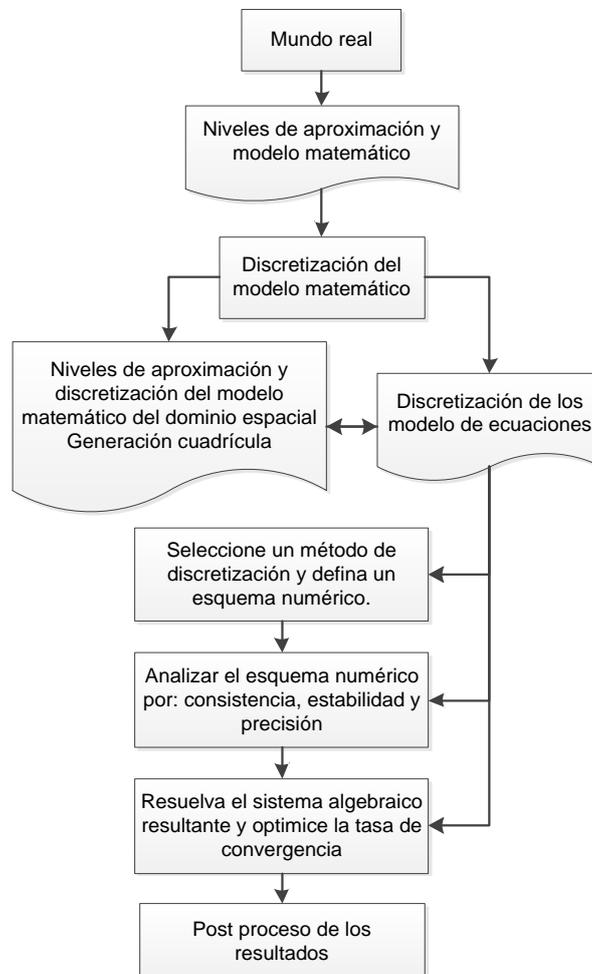


Figura 1. Estructura de un sistema de simulación CFD

Fuente: (Hirsch, 2007)

El software ANSYS es uno de los simuladores que emplea el método de elementos finitos (FEM) y volúmenes finitos (FVM) aplicada a una malla, uno de los módulos para el estudio de flujos es el CFX en el cual se puede modelar: flujos estacionarios y transitorios; flujo laminar y turbulento; flujos subsónicos, transónicos y supersónicos; transferencia de calor y radiación térmica, etc. Su estructura se indica en la figura 2 (Ansys, 2018).

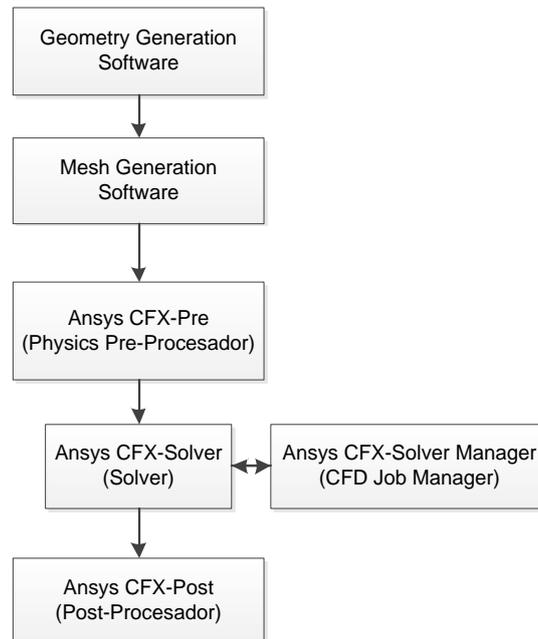


Figura 2. Estructura del módulo CFX

Fuente: (Ansys, 2018)

Las ecuaciones de continuidad que ocupa el módulo CFX son las siguientes:

- Ecuación de continuidad de la masa

$$\frac{\partial}{\partial t}(\gamma \alpha_q \rho_q) + \nabla * (\gamma \alpha_q \rho_q \vec{v}_q) = \gamma \sum_{\substack{p=1 \\ p \neq q}}^n (m_{pq} - m_{qp}) + \gamma S_q$$

Dónde:

γ : Porosidad

ρ_q : Densidad de flujo

α_q : Volumen fraccional del fluido

\vec{v}_q : Vector velocidad del fluido

S_q : Término fuente

m_{pq} ; m_{qp} : Transferencia de masa entre los puntos o fases p-q y q-p

- Ecuación de continuidad de la energía

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\alpha_q(\gamma \rho_q h_q + (1 - \gamma) \rho_s h_s)) + \nabla * (\gamma \alpha_q \rho_q \vec{v}_q h_q) &= -\gamma \alpha_q \frac{\partial p_q}{\partial t} + \\ \gamma \bar{v}_q: \nabla \vec{v}_q - \nabla * (\alpha_q(\gamma k_q + (1 - \gamma)k)) &+ \\ \gamma S_q + \gamma \sum_{p=1}^n (Q_{pq} + \dot{m}_{pq} h_{pq} - \dot{m}_{qp} h_{qp}) & \end{aligned}$$

Dónde:

$p ; q$: Punto o fase

s : Material sólido

h : Entalpia

k : Conductividad térmica

Q_{pq} : Transferencia de calor entre la fase p-q

ρ : Densidad del fluido

S : Fuente de calor

α : Fase de fracción de volumen

\vec{v} : Vector velocidad

$h_{pq} ; h_{qp}$: Diferencia de la entalpia total entre la fase p-q y q-p

- Ecuación de la cantidad de movimiento (Navier Stokes)

$$H(v - \vec{v}) + (1 - H)(-\nabla p + \nabla * T + \rho g - \rho a) = 0$$

Dónde:

H : Función de paso

v : Velocidad

\vec{v} : Velocidad local de la parte móvil

p : Presión del fluido

T : Tensor de corte

ρg : Fuerza de volumen

ρa : Termino de la aceleración

Resultados.

Se establece una ubicación dentro de las regiones del Ecuador (litoral, sierra, amazonia) que disponga de estaciones de monitoreo atmosférico como se indica en la figura 3, por lo tanto se considera el corredor vial estatal Santo Domingo – La Concordia, en donde previamente se realizó un estudio relacionado al consumo de combustible (INAMHI, 2020).



Figura 3. Estación meteorológica M0025

Fuente: (INAMHI, 2020)

En la tabla 2 se indican los parámetros atmosféricos.

Tabla 2. Parámetros atmosféricos M0025

Descripción	Valor
Fecha - hora	21-07-2020 13:00:00
Humedad relativa del aire	85 %
Precipitación	0 mm
Presión atmosférica	985 hPa
Temperatura del aire	25 °C
Velocidad del viento	1.4 m/s
Densidad del aire (CENAM, 2020)	1.1348714 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

El área frontal proyectada del camión tiene un valor de 8.223 [m²] se la obtiene mediante el modelo simplificado a escala 1:1 de un software de diseño mecánico, como se indica en la figura 4, este modelo se utiliza en CFD por el gasto computacional (horas de simulación).

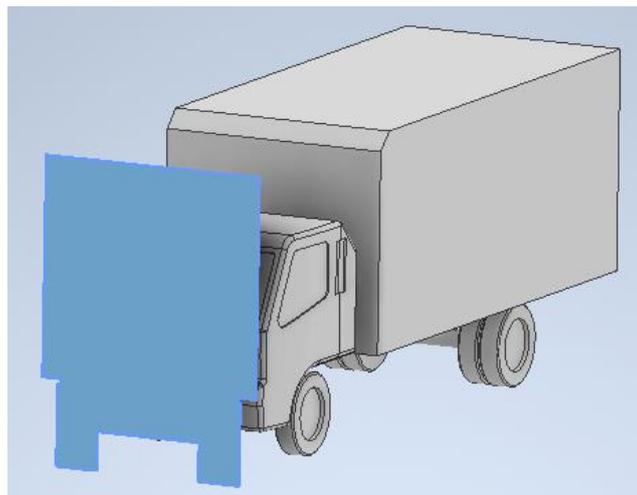


Figura 4. Diseño simplificado del camión

Fuente: Elaboración propia

La fuerza de arrastre varía según la velocidad que imprima el vehículo en carretera, por tanto, el rango de variación que se considera es de 0 [m/s] a 33.333 [m/s] (120 [km/h]),

los otros valores de los parámetros que depende la ecuación unidimensional se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Parámetros de la fuerza de arrastre

Descripción	Valor
Coeficiente aerodinámico (SAE J2188)	0.78 (sin carenado superior)
	0.64 (con carenado superior)
Densidad del aire	1.1348714 kg/m ³
Velocidad del aire	1.4 m/s
Área frontal	8.223 m ²

Fuente: Elaboración propia

Se utiliza los datos anteriores en la ecuación unidimensional de la fuerza de arrastre, dando como resultado los valores registrados en la tabla 4.

Tabla 4. Fuerza de arrastre

Velocidad camión (km/h)	Velocidad camión (m/s)	Fuerza arrastre (kN) sin carenado	Fuerza arrastre (kN) con carenado
0	0.000	0.007	0.006
10	2.778	0.064	0.052
20	5.556	0.176	0.145
30	8.333	0.345	0.283
40	11.111	0.570	0.468
50	13.889	0.851	0.698
60	16.667	1.188	0.975
70	19.444	1.582	1.298
80	22.222	2.031	1.667
90	25.000	2.537	2.082
100	27.778	3.099	2.543
110	30.556	3.717	3.050
120	33.333	4.391	3.603

Fuente: Elaboración propia

El valor de la fuerza de arrastre es mínimo (0.007 kN) cuando el vehículo está detenido, esto ocurre por la acción que tiene la velocidad del viento (1.4 m/s) sobre el vehículo, la variación de la curva se observa en la figura 5, se utiliza las unidades de [km/h] para la gráfica sin que esto afecte los datos obtenidos.

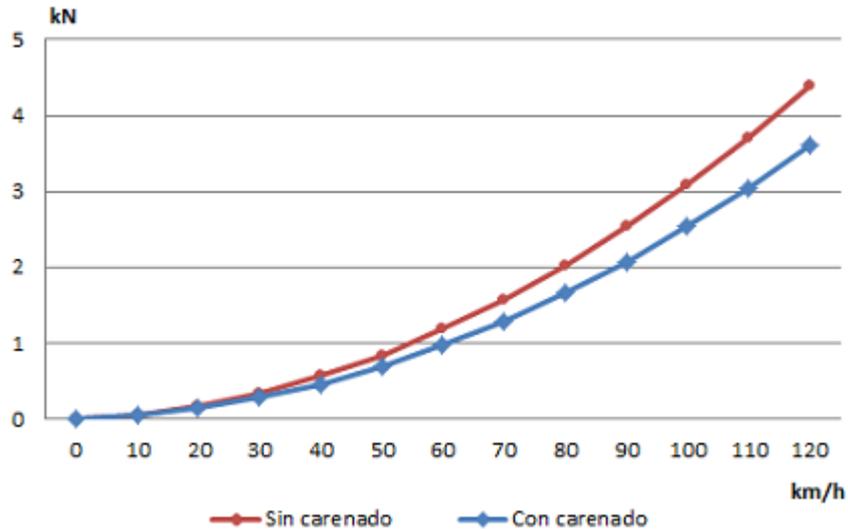


Figura 5. Fuerza de arrastre

Fuente: Elaboración propia

El límite máximo para la velocidad del transporte de carga en vía urbana es de 40 [km/h], la diferencia en la fuerza de arrastre 0.102 [kN], en relación a una recta en carretera que el límite es de 70 [km/h] adquiriendo una diferencia de 0.284 [kN], las normas SAE J1321 y DIN 70 030-2 que determinan consumo de combustible en camiones establecen una velocidad de prueba de 90 [km/h], la diferencia de fuerza de arrastre es de 0.455 [kN].

A mediados del mes de enero del 2020 el INAMHI emite un boletín meteorológico de advertencia, debido a ráfagas de viento que superan los 13.889 [m/s] que representa un nivel de amenaza medio (INAMHI, 2020).

Se utiliza el valor de 13.889 [m/s] en la velocidad del aire, obteniendo otros valores de la fuerza de arrastre, como se indica en la tabla 5.

Tabla 5. Fuerza de arrastre

Velocidad camión (km/h)	Velocidad camión (m/s)	Fuerza arrastre (kN) sin carenado	Fuerza arrastre (kN) con carenado
0	0.000	0.702	0.576
10	2.778	1.011	0.830
20	5.556	1.376	1.129

30	8.333	1.797	1.475
40	11.111	2.275	1.866
50	13.889	2.808	2.304
60	16.667	3.398	2.788
70	19.444	4.044	3.318
80	22.222	4.746	3.894
90	25.000	5.504	4.516
100	27.778	6.319	5.184
110	30.556	7.189	5.899
120	33.333	8.116	6.659

Fuente: Elaboración propia

Se ha generado un aumento considerable del valor de la fuerza de 0.007 [kN] a 0.702 [kN] cuando el vehículo se encuentre detenido, solo por la acción del viento. El carenado superior comienza a trabajar desde este caso, con una diferencia de 0.126 [kN], a una velocidad del vehículo de 40 [km/h] en vía urbana la diferencia es 0.409 [kN], en una recta en carretera se tiene una velocidad de 70 [km/h] con una diferencia de 0.726 [kN] y a una velocidad de prueba 90 [km/h] se tiene una diferencia de 0.988 [kN], esto se indica en la figura 6.

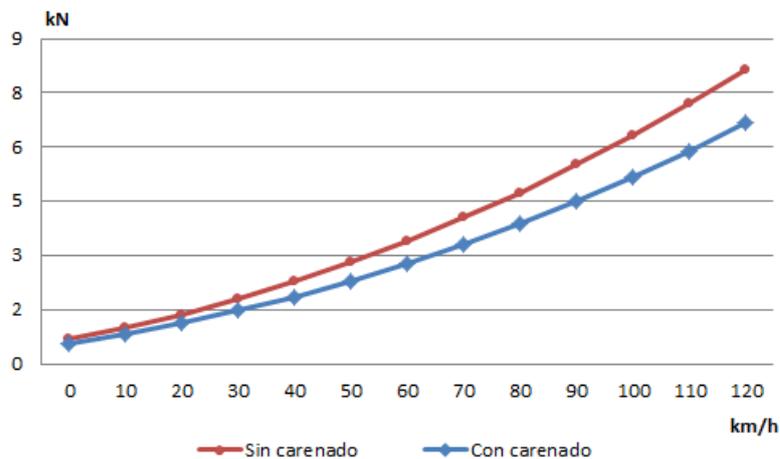


Figura 6. Fuerza de arrastre

Fuente: Elaboración propia

Se utiliza el módulo de CFX de ANSYS, para ello se requiere de una geometría simplificada a escala real, se realiza el dominio (túnel de viento) por donde circula el flujo de aire, para lo cual se considera un tamaño adecuado por las horas de simulación y restricciones innecesarias generadas por el propio dominio hacia el objeto de análisis. El mallado realizado consta de 303419 nodos y 1635059 elementos, el dominio y el mallado se indican en la figura 7.

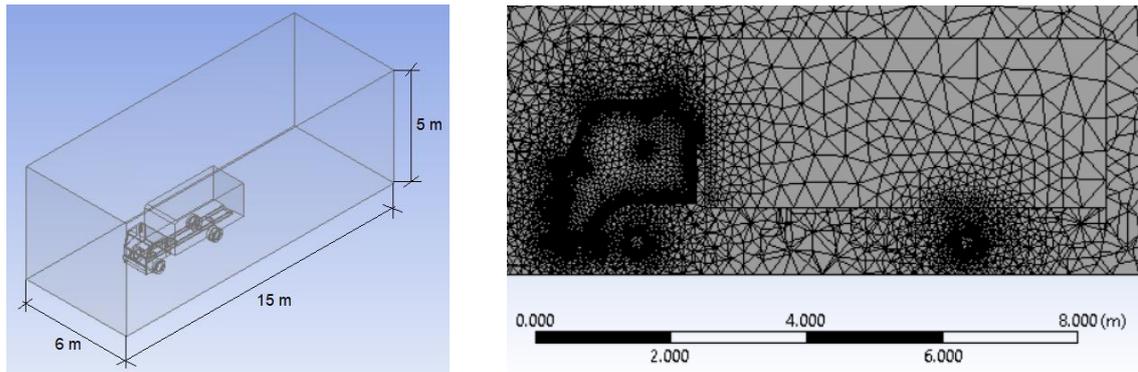
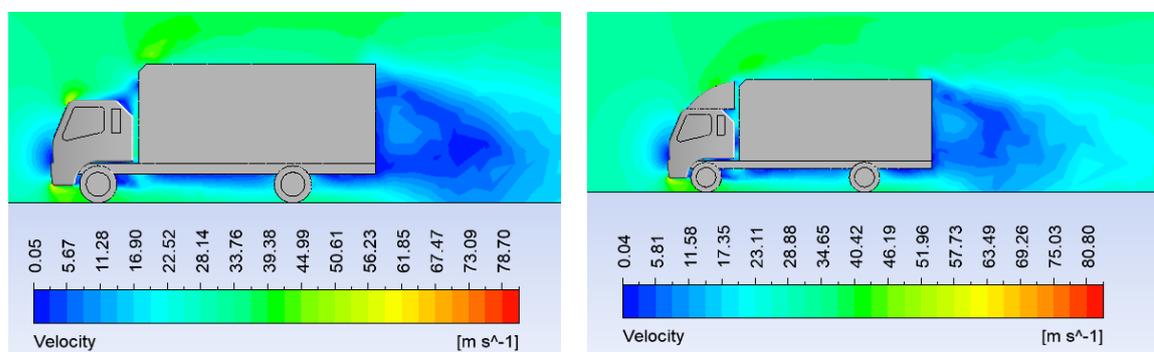


Figura 7. Dominio y mallado

Fuente: Elaboración propia

Las condiciones de frontera utilizadas en la simulación corresponden a un ingreso de aire a 25 [°C], con una presión atmosférica de 1 atm y una velocidad de 120 [km/h], el dominio y la superficie del vehículo tienen una condición de pared deslizante libre.

El flujo de aire choca contra el vehículo deteniéndose en la parte frontal y superior de la cabina, zona inferior del vehículo y la parte posterior de la zona de carga, la variación de la velocidad es de 0.04 [m/s] a 80.80 [m/s] como se indica en la figura 8, en ambos casos la velocidad máxima ocurre en las aristas vivas que posee el vehículo, de manera global la velocidad del aire se debe mantener a lo largo del vehículo, como se observa en la parte superior de la cabina, esta restricción se corrige con el carenado superior.



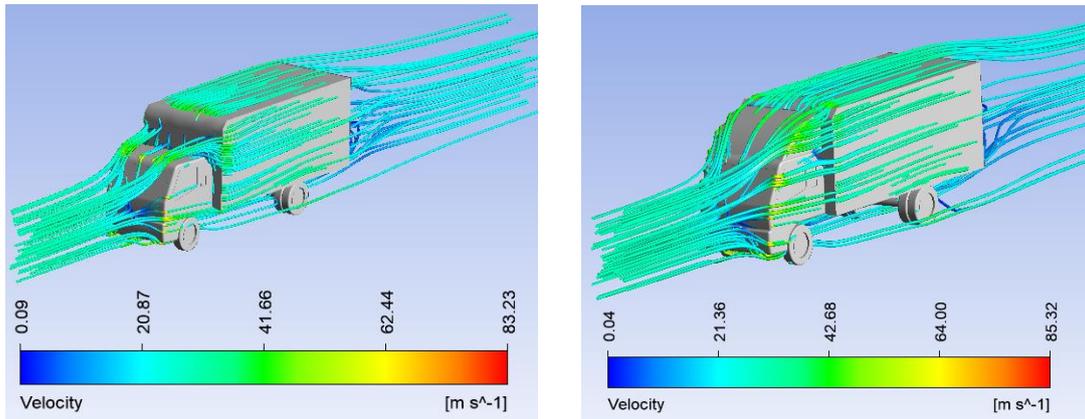
a) Sin carenado superior

b) Con carenado superior

Figura 8. Velocidad del aire (plano 2D) en CFD

Fuente: Elaboración propia

El flujo de las líneas de corriente del aire choca contra el vehículo y se desplazan a lo largo del vehículo con se observa en la figura 9.



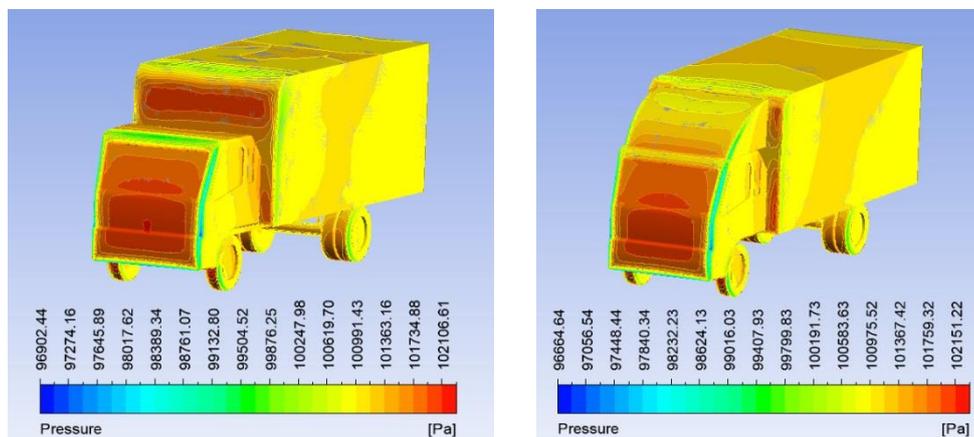
a) Sin carenado superior

b) Con carenado superior

Figura 9. Velocidad del aire 3D en CFD

Fuente: Elaboración propia

El área frontal del vehículo recibe el primer contacto con el flujo de aire, de manera que se genera una presión máxima de 102292 [Pa] como se indica en la figura 10a, esto es debido a que el aire choca y disminuye su velocidad, acumulándose en estas zonas generando la presión, con la utilización del carenado superior se reduce esta presión en la zona de carga como se indica en la figura 10b.



a) Sin carenado superior

b) Con carenado superior

Figura 10. Presión del aire en CFD

Fuente: Elaboración propia

El software CFX estima la fuerza de arrastre con un valor de 4.807 [kN] sin el carenado superior y un valor de 4.387 [kN] con el carenado superior, la diferencia es 0.42 [kN] que representa el 8.734 [%] de reducción. En un semi-trailer se consigue una reducción del 17.6 [%] en la fuerza de arrastre utilizando un carenado superior y carenados laterales.

El ahorro de consumo de combustible diésel bajo la norma DIN 70 030-2 en el corredor vial estatal Santo Domingo – La Concordia es de 4.63 [%]. Estudios en Chile bajo la norma SAE J1321 demuestran un ahorro del 3.96 [%] en el consumo de combustible al comparar el diseño de la cabina del camión y otro estudio un valor de 15.4 [%] utilizando varios dispositivos aerodinámicos.

Conclusiones.

- Mediante un software de dinámica de fluidos computacional se estima un valor de 8.734 [%] de reducción en la fuerza de arrastre al utilizar un carenado superior de cabina, derivando en un ahorro en el consumo de combustible de 4.63 [%] en carretera. Para esto se toma en cuenta las condiciones meteorológicas de la zona, características del camión conjuntamente con su estructura de carga y carenado superior de cabina.
- La fuerza restrictiva generada por el aire se incrementa con la velocidad que adquiere el vehículo, esta fuerza actúa incluso si el vehículo se encuentra detenido, debido a la acción de la velocidad del viento que choca contra el vehículo, en menor o mayor cantidad dependiendo de la ubicación geográfica dónde se encuentre. La importancia radica en el gran número de unidades de transporte de carga que circulan por las carreteras de las diferentes regiones litoral, sierra y amazonía.
- La gran variedad de dispositivos aerodinámicos (carenado superior y lateral de cabina, cubre tanque, tapa cubos; carenado frontal, lateral y posterior de remolque; generador de vórtices, etc.) requieren un estudio previo para su implementación en el vehículo, ya que estos accesorios son fabricados bajo especificaciones de un determinado vehículo. La adición de varios de estos implementos podría generar mejores resultados.

Referencias bibliográficas.

AEADE. (2019). *Anuario*. Quito: AEADE.

- Aguilar, Y., Caldas, I., Rivera, A., & Tapia, E. (2017). *Estudio de la influencia de la apertura de las ventanas y la velocidad de circulación en la aerodinámica de un vehículo turismo*. Cuenca: INGENIUS.
- Ansys. (2018). *CFX - Help support*. ANSYS, Inc.
- Balance-Energético. (2016). *Balance Energético Nacional*. Quito: Ministerio de Energías y recursos naturales no renovables.
- Bayindirli, C., Salman, M., & Akansu, Y. (2016). *The Determination of Aerodynamic Drag Coefficient of Truck and Trailer Model by Wind Tunnel Tests*. Turkey: Academicpaper.
- CENAM. (21 de 06 de 2020). *Cálculo de la densidad del aire utilizando la formula del CIPM-2007*. Obtenido de <http://www.cenam.mx/publicaciones/cdensidad.aspx>
- Ehsani, M., Gao, Y., Gay, S., & Emadi, A. (2014). *Vehículos Modernos Eléctricos, Híbridos Eléctricos y de Celdas de Combustible*. USA: CRC PRES.
- Hino-Motors. (2014). *Especificaciones Hino 500 modelo GD8JLSA*. Japon: Hino Motors, Ltd.
- Hirsch, C. (2007). *Fundamentos de dinámica computacional de fluidos*. India: JohnWiley & Sons.
- Hirz, M., & Stadler, S. (2013). *A new approach for the reduction of aerodynamic drag of long-distance transportation vehicles*. USA: SAE.
- INAMHI. (2020). *Boletín meteorológico N°03*. Quito: INAMHI.
- INAMHI. (28 de 06 de 2020). *Red de estaciones automáticas hidrometeorológicas* . Recuperado el 21 de 07 de 2020, de <http://186.42.174.236/InamhiEmas/#>
- Jhon D., A. (1991). *Fundamentos de Aerodinámica*. USA: McGraw-Hill.
- Pachacama, D., & Simbaña, J. (2017). *Evaluación del consumo de combustible de un camión con la implementación de un deflector de aire*. Quito: EPN.
- Petroecuador. (2019). *Informe estadístico anual* . Quito: EP Petroecuador.
- Remache, A., Tipanluisa, L., Salvador, J., & Erazo, W. (2015). *Análisis aerodinámico regional mediante cfd de un semirremolque cisterna para transporte de cemento*. Perú: UNASAM.
- SAE-J2188. (2018). *Commercial Truck and Bus SAE Recommended Procedure for Vehicle Performance Prediction and Charting*. USA: SAE.
- Villalobos, J., Arancibia, N., Retamal, S., Olivo, P., & Vásquez, J. (2011). *Impacto de la aerodinámica para el ahorro de combustible*. Chile: AChEE.

Villalobos, J., Gavilan, C., Salazar, C., & Rojas, C. (2012). *Impacto del diseño de cabinas en el consumo de combsutible*. Chile: AChEE.

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Pachacama Gualotuña, D. P., Pachacama Gualotuña, D. A., Córdova Orellana, C. C., & Lulluna Llumiyinga, F. R. (2021). Influencia de un carenado superior en la fuerza de arrastre de un camión . *Ciencia Digital*, 5(2), 109-126.
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1610>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Evolución de los sistemas de juego en el fútbol: Una revisión sistemática



Evolution of playing systems in soccer: A systematic review

Lic. Frank Gabriel Tapia Jara.¹

Recibido: 01-03-2021 / Revisado: 18-03-2021 / Aceptado: 25-03-2021/ Publicado: 05-04-2021

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1620>

Introduction. Soccer is a team sport, turning out to be the most practiced in the world. With the historical passing of the game systems used in this sport have varied from an ultra-offensive system to the present time that variants of systems are used in the same game. **Objective.** Systematize the theories related to the evolution of game systems in football and their relationship with the optimization of sports performance. **Methodology.** The research was carried out using a descriptive, non-experimental methodology, supported by the use of theoretical methods and documentary review; allowing the RSL (Systematic Literature Review) to be carried out in a time range between 2000 and 2020. To obtain quality information, a logical order was followed, which included the planning, analysis and evaluation of the results and findings mainly found in databases and high impact scientific articles preceded by the establishment of the inclusion and exclusion criteria determined, under the determination of the search criteria: game systems ", " soccer ", " sport " evolution. **Results.** 1. The importance, relevance and timeliness of the investigated topic is determined. 2. The variability and complexity of the game systems in football are not only related to the position that the players occupy within the field, it is a complex, deep process, with multiple views and dimensions. Tactical learning through different game strategies requires a solid cognitive development on the part of the participating footballers in such a way that it facilitates the motor application of what has been learned. **Conclusions.** The importance and timeliness of the subject is systematized, showing the need to continue deepening it, in order to provide studies that allow to show more intentionally the relationship between the different game systems and optimal sports performance.

¹ Universidad Católica del Ecuador, Ecuador, fgtapia@uce.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2351-8331>

Keywords: game systems, soccer, sports performance, evolution

Resumen.

Introducción. El fútbol es un deporte de equipo resultando ser el más practicado a nivel mundial. Con el decursar histórico los sistemas de juego utilizados en este deporte han variado desde un sistema ultraofensivo hasta la actualidad que se utilizan variantes de sistemas en un mismo partido. **Objetivo.** Sistematizar las teorías relacionadas con la evolución de los sistemas de juego en el fútbol y su relación con la optimización del rendimiento deportivo. **Metodología.** La investigación se realizó mediante una metodología descriptiva, no experimental, apoyados en el empleo de métodos teóricos y la revisión documental; permitiendo efectuar la RSL (Revisión Sistemática de Literatura) en un rango de tiempo comprendido entre el 2000 y el 2020. Para obtener información de calidad se siguió un orden lógico, que incluyó la planificación, análisis y valoración de los resultados y hallazgos encontrados principalmente en bases de datos y artículos científicos de alto impacto precedidos por el establecimiento de los criterios de inclusión y exclusión determinados, bajo la determinación de los criterios de búsquedas: sistemas de juego”, “fútbol”, “deporte”, “evolución”. **Resultados.** 1. Se determina la importancia, pertinencia y actualidad del tema investigado. 2. La variabilidad y complejidad de los sistemas de juegos en el fútbol, no solo están relacionados con la posición que ocupan los jugadores dentro del terreno, se trata de un proceso complejo, profundo, de múltiples miradas y dimensiones. 3. El aprendizaje táctico mediante las diferentes estrategias de juegos requiere de un desarrollo cognitivo sólido por parte de los futbolistas participantes de modo tal que facilite la aplicación motriz de lo aprendido. **Conclusiones.** Se sistematiza la importancia y actualidad del tema, quedando evidenciado la necesidad de continuar profundizando en el mismo, en función de aportar estudios que permitan evidenciar con mayor intencionalidad la relación entre los diferentes sistemas de juegos y el óptimo desempeño deportivo.

Palabras clave: sistemas de juego, fútbol, desempeño deportivo, evolución

Introducción.

El fútbol es un deporte de equipo que se ha convertido en el más practicado a nivel mundial, en los diferentes niveles, debido a su sencilla reglamentación y a los pocos requerimientos materiales que se necesita para su práctica. No obstante, una significativa importancia radica en su táctica y sistemas de juego aplicados, las cuales han tenido cambios continuos perfeccionándose con el paso del tiempo.

Con el decursar histórico los sistemas de juego utilizados en este deporte han variado desde un sistema ultraofensivo hasta la actualidad que se utilizan variantes de sistemas en un mismo partido. Atendido a lo señalado y ante la diversidad de criterios existentes en relación con la evolución de los sistema de juegos y su incidencia en el óptimo desempeño

deportivo la investigación que se presenta tiene como objetivo: Sistematizar las teorías relacionadas con la evolución de los sistemas de juego en el fútbol y su relación con la optimización del rendimiento deportivo.

1. Un acercamiento conceptual.

Son varios los autores que se han referido al respecto, entre los que podemos citar a Morales & Murillo (2013), quienes señalan que el fútbol es un deporte que se sostiene en un sistema táctico o sistema de juego que facilita la organización colectiva de los jugadores dentro del campo, garantizando una adecuada ocupación racional de los jugadores en el terreno de juego.

Las definiciones del sistema de juego son variadas, por lo que diferentes autores emplean criterios diferenciados, que nos permiten a su vez evidenciar la evolución que han tenido estos sistemas en el tiempo.

En este orden encontramos a autores como: Tassara (1967), Csanadi (1969), Teodorescu (1984), Ferrández (1996), quienes afirman que la elección del sistema de juego depende directamente de las características individuales de los jugadores y no cambia de partido a partido.

Maturana, citado por Cuadrado (2001), plantea que “el sistema de juego es simplemente un punto de partida, después que las circunstancias del partido varían las posiciones iniciales”, en función a lo largo del partido de si el equipo tiene la posición del balón.

Por su parte autores como (Zeeb, 1994; Yagüe & Sánchez, 2005), son del criterio que al momento de elegir un sistema de juego, debe tenerse en consideración los “máximos espacios de juego posible para cada uno de los jugadores, permitiéndoles cierta creatividad en las situaciones del juego así como cambios de posiciones y funciones dentro de la estructura del equipo”.

De igual manera, Floro (2005) explica que cualquier sistema de juego se fundamenta en “el modo de atacar y de defender y la táctica es atacar y defender, o sea es el método de juego, o sea la manera de realizar un ataque, una defensa y un contraataque, partiendo de unas posiciones. En fin el sistema es el modo de ejecutar el juego”.

En esta dirección, el sistema de juego del fútbol se ha ido transformando, evolucionando de una concepción inicial altamente ofensiva a una actual donde existe un predominio de la defensa por sobre la ofensiva, incidiendo de manera determinante en la organización táctica estructural de los equipos de fútbol, la cual está determinada por su propia dimensión estática y dinámica.

Por otra parte, Vales (2012), define los sistemas de juego como la manera táctica en que están dispuestos los patrones básicos de organización y funcionamiento de un equipo, en

donde se determina, por una parte la actitud de los jugadores y su filosofía de juego a realizar al encontrarse con el rival y, por otra parte, se regularizan tanto las posiciones fundamentales y radios de acción de los jugadores, como las tareas o funciones encomendadas a éstos, ya sea en términos individuales (puesto específico), grupales (líneas/sectores de campo) y colectivos (equipo).

Este mismo autor plantea que sus principales características son: su estabilidad, su dinamismo, su flexibilidad, solidaridad, especificidad y operatividad, así como, que los sistemas de juego están organizados internamente en tres componentes: el Componente Conceptual que marca la filosofía de juego, el Componente Formal, que establece la relación del equipo con el espacio de juego, o sea el modo en que se colocan los jugadores en el campo de juego y el Componente Funcional, referido a la aplicación de los diferentes métodos de juego y a la distribución de las tareas tácticas entre los jugadores.

En referencia a ello, Lovrincevich (2002), destaca la importancia que dentro del sistema de juego reviste tanto la dimensión estática como la dinámica, indicando que la primera está referida al sistema de juego o esquema táctico que está representado por el modo de colocación de los jugadores en el campo de juego, ya sea 4-3-3, 5-4-1, 4-4-2, y otros, la que conforma la formación que establecerá el orden y los equilibrios de las diferentes zonas del terreno de juego, sirviendo como área de referencia y de partida para la realización por los jugadores, de los desplazamientos relativos así como para la coordinación de las diferentes acciones individuales y colectivas.

Según Casteló (1999), la dimensión dinámica está referida a las distintas tareas y misiones tácticas que previamente han sido distribuidas entre los jugadores que conforman el equipo.

No obstante, a todo lo señalado existen varios elementos que influyen en la determinación y elección de un sistema de juego, en relación a ello concordamos con Díaz (2017a), al formular que las diferentes tácticas de juego dependen directamente de las habilidades técnicas de los jugadores, las capacidades físicas de los mismos, el estado psicológico de los deportistas, la calidad y manera de jugar del equipo rival así como del estilo que el entrenador proyecte aplicar para obtener sus objetivos.

De igual manera, este mismo autor en relación a ello enunció que los sistemas de juego aplicados serán más eficientes y eficaces en función de las características físicas y técnico- tácticas de los jugadores y su relación con la posición que tengan dentro del esquema táctico y la responsabilidad que enfrenten dentro del campo de juego.

En esta misma línea Mercé (2006), resaltó algo importante a tener en cuenta, señalando que la forma de desarrollar cada partido de fútbol y las variantes que pueden aplicarse en cada sistema de juego de un equipo está en función del comportamiento del equipo contrario, de cómo se encuentre el marcador del juego, así como de factores que no

pueden preverse, (lesiones, expulsión, entre otros aspectos), que son aspectos que fundamentan el componente táctico-estratégico del equipo.

Independientemente de todo lo destacado y en esta misma dirección compartimos el criterio de Guedea, et al. (2019), al señalar que esto no implica que exista un sistema de juego perfecto, se coincide que todos los sistemas tácticos tienen fortalezas y debilidades.

En relación a ello, autores como, Mercé et al. (2008), han afirmado que el sistema de juego no hay que considerarlo como un fin en sí mismo, este debe ser flexible y debe estar al servicio del equipo, sin implicar en ningún caso su detrimento, o limitar el desarrollo de muchos jugadores que lo integran, precisamente porque todos tienen necesidades diferentes al resto.

Al respecto estamos de acuerdo con Díaz (2017b), al afirmar que según su criterio no hay formaciones de fútbol buenas o malas, ofensivas o defensivas, y lo que realmente determina el éxito o el fracaso de un partido de fútbol, son las interpretaciones que hacen los propios jugadores de esa disposición, sumado con la calidad técnica que tengan los mismos que les permita improvisar jugadas y el nivel de acierto en la toma de decisiones durante el juego y en los tiros a puerta.

Lo expuesto con anterioridad nos reafirma que sin un sistema de juego sería imposible a un equipo de fútbol avanzar en su propio desarrollo funcional del juego, en relación a ello Sánchez (2014), ha asentado que la falta de un sistema de juego indicaría un equipo sin referencias posicionales de los jugadores, las cuales son de gran utilidad para facilitar el desarrollo del juego y citaba que el destacado entrenador Carlos Queiroz, afirmaba que la distribución de los jugadores en el campo de juego, siempre tenía influencia sobre el desarrollo del juego que realizaría el equipo dado que su disposición en el terreno ofrece racionalidad al modo de jugar del conjunto.

En relación a ello, García-Calvo et al. (2002), opinó que el técnico Pep Guardiola decía que en el fútbol había que partir de un orden y de una idea de juego predeterminada, o sea, se parte de la necesidad de crear un escenario de actuación, en el que los jugadores deben moverse para realizar las acciones que se van sucediendo durante el juego. En esa línea, planteó que la clave es que el equipo se encuentre lo suficiente organizado para que los esfuerzos que se realicen por los jugadores no generen un desequilibrio en el propio equipo.

Es por estas razones importantes considerar que independientemente que los sistemas de juego se han venido transformando en el decursar del tiempo, ello no implica que la diferencia de esos cambios se produzca en su totalidad en un tiempo determinado. En investigaciones realizadas por diversos autores entre los que tenemos a Castellano, et al. (2008), se ha corroborado que de los datos obtenidos en el diagnóstico de la evolución del juego en los 3 mundiales (1998, 2002, 2006), únicamente el 1% de la variancia explicada nos hace decantarnos con argumentos, a partir de las variables o facetas

tomadas en la configuración del modelo, indicándose que el fútbol no ha variado significativamente.

En este orden de idea algunos autores como: Díaz, et al. (2011), han realizado investigaciones en las que han demostrado que los sistemas de juego, desde el punto de vista de la organización posicional, han evolucionado hacia un sistema defensivo. Ello se evidencia en que en los inicios del fútbol los preparadores y entrenadores se preocupaban por buscar ventajas numéricas en las zonas de ataque, dándole una gran importancia al juego ofensivo de los equipos. Con el paso de los años, y con las innovaciones reglamentarias introducidas, especialmente la referida a la regla del fuera de juego, la prioridad ha sido implantar un sistema de juego creando una superioridad numérica en las zonas defensivas y creando oportunidades en las zonas más propicias para hacer gol.

No obstante, los sistemas de juego no constituyen un concepto que deba imponerse, debe ser estudiado y practicado en función de las potencialidades técnico-tácticas de cada equipo, en este orden autores y a la vez entrenadores de futbol, como Kordon, et al. (2007), han afirmado que un entrenador debe tener una claridad de la idea de juego y utilizar un sistema de juego con diferentes variantes según las fortalezas del equipo, las debilidades, el rival, el tipo de campo de juego, el marcador del partido y muchos otros factores, que no se pueden ser soslayados, pero principalmente en base a las características físicas y técnicas de los jugadores.

En esta dirección se han realizado diversos estudios dentro de los cuales se destacan los aportes de: González, et al. (2015), quienes han afirmado que en los últimos años ha aumentado el interés hacia esta línea de investigación, principalmente en el proceso de enseñanza-aprendizaje en jóvenes jugadores desde la perspectiva táctica de los sistemas de juego.

En esta misma línea, debe enfatizarse en que los sistemas de juegos propiamente funcionan de manera compleja, por lo que recaba de los jugadores un conocimiento profundo de la táctica de juego. Al respecto, autores como Morales & Murillo (2013), han afirmado que los modelos de juego en el fútbol son más que un sistema de distribución de jugadores, dado que por su dinámica presentan una elevada complejidad, requiriendo de la organización de los futbolistas que interaccionan, mediante reglas de acción intrínsecas al mismo. Compartimos con los autores precedentes en que el modelo de juego que se implementa conceptualiza la organización desde su totalidad, aunando el complejo ensamblaje de tendencias, funcionalidades y características que se produce entre todas las posiciones ocupadas por los jugadores de un equipo.

Es por ello que los sistemas de juego han seguido transformándose y mejorando para ser más competitivos, principalmente de la mano de talentosos entrenadores que han partido de muchos sistemas creados y utilizados durante muchas décadas y han aplicado conceptos teóricos avanzados logrando una consolidación del juego de sus respectivos

equipos, alcanzado grandes éxitos como campeones en diversas competiciones de liga, continentales y mundiales.

Otros autores como Moreno (2016), han realizado estudios de investigación en los cuales se ha evidenciado que las características morfológicas, fisiológicas, psicológicas y técnico-tácticas que forman parte del perfil de un jugador de fútbol, han ido evolucionando de manera paralela a la concepción y sistemas de juego empleados.

Es por ello que se hace necesario, considerar la necesidad de actualizar de forma periódica el estudio de los sistemas de juego en el fútbol, tomando en cuenta lo más destacado de cada uno de estos sistemas y a su vez para que sirva de punto de partida para la creación de nuevos sistemas de juego.

La presente investigación servirá para que los entrenadores que aún se encuentran en el trabajo empírico se informen sobre fortalezas y amenazas de cada sistema y poder incorporar a sus equipos el esquema de juego ideal que encaje con las características de sus jugadores.

Por otra parte, dada la generalidad de la práctica del fútbol y la constante elevación de su nivel competitivo, conlleva a que a la vez que se constituya en uno de los deportes que más recursos económicos invierte en la investigación para mejorar la competitividad, ello implica la realización de continuas investigaciones sobre los diversos aspectos del mismo.

No obstante a ello, aún existen algunos aspectos del juego en los que no se han realizado estudios profundos y otros que carecen de actualización, por lo cual es importante y necesario que se actualicen los estudios, en este caso que nos ocupa, el referido al tema sobre los sistemas de juego en el fútbol que no se ha encontrado bibliografía actualizada en este tema.

1.2. Clasificación de los sistemas de juego. Sus Fortalezas y debilidades.

Los sistemas de juego, como se ha planteado con anterioridad representan la manera en que están dispuestos inicialmente los futbolistas en el campo de juego, desde el mismo principio del fútbol como deporte, este aspecto ha constituido la piedra angular de su accionar y como el propio deporte ha sufrido constantes variaciones en su desarrollo.

Basándonos en lo expuesto, compartimos criterios con Agulló (2020), al plantear que los sistemas de juego en el fútbol presentan una concepción general que gira alrededor de la posición inicial y teórica de los jugadores en el terreno de juego, que permite en función de ello establecer una clasificación.

De manera general los sistemas de juego están propensos a una clasificación en función del concepto de elaboración, en relación a este aspecto, varios autores tales como: Castelo (1999) y Mercè (2006) lo subdividen en: Sistemas de juego basados en la amplitud y aquellos basados en la ocupación racional del campo de juego.

Los sistemas de juego basados en la amplitud, se distinguen por su amplitud ofensiva y poca profundidad defensiva cuando el rival posee el balón. Tiene como finalidad la ocupación eficiente de los espacios, para adueñarse del balón y posteriormente crear situaciones de desequilibrio en el área del rival.

Dentro de estos sistemas tenemos a:

- ✓ Sistemas de juego de posición: 1-3-4-3 / 1-4-3-3, el cual busca mantener la posesión del balón en todo momento y en especial en la fase de ataque.
- ✓ Sistema de ocupación e incorporación: 1-3-5-2 / 1-4-5-1, buscan la profundidad ofensiva, incorporando jugadores desde segunda línea para ocupar los espacios generados detrás de las líneas del equipo contrario.
- ✓ Sistemas de juego mixtos: 1-3-5-2 / 1-4-5-1, tiene como fin crear y ejecutar un juego más equilibrado, que le permite tener una mayor ventaja en determinadas zonas del terreno de juego.

En el caso de los sistemas de juego basados en la ocupación racional del campo de juego, están determinados por la óptima ocupación racional del espacio del terreno, presentando líneas horizontales y verticales, que refleja una evidente profundidad defensiva. Tales son los casos de:

- ✓ Sistemas de juego en el plano transversal: 1-4-3-3 / 1-4-4-2, presentan líneas horizontales muy pobladas, priorizando la posesión del balón a la profundidad.
- ✓ Sistemas de juego en el plano longitudinal: 1-3-4-3 / 1-4-2-4 / 1-3-2-5. Se posiciona a los jugadores de manera que enlazan las posiciones de una línea con la otra.

Teniendo en cuenta lo anterior, distintos autores se refieren a que las más básicas distribuciones de los sistemas de juego presentan como principal característica, el equilibrado posicionamiento de los jugadores en el campo de juego, con su base más amplia en la defensa, reforzando la teoría de que un buen equipo se construye con una buena defensa.

En esta dirección Díaz (2017a), concibe que el sistema que más se adecúa a este sistema de juego es el 1-4-3-2-1, utilizado por reconocidos técnicos que han obtenido varios triunfos en competiciones a todos los niveles. Otros sistemas de juego básico y que más se utilizan actualmente se relacionan a continuación.

- Sistema de juego fútbol 1 4 4 2

Es el sistema idóneo para desarrollar un estilo de juego directo o de contragolpe.

Figura No 1 Sistema de juego fútbol 1 4 4 2



Fortalezas del sistema de juego 1-4-4-2

Este sistema de juego, permite a los atacantes primarios avanzar sin tener que esperar el apoyo de los centro campistas, por lo que el medio campo y la defensa no necesitan retrasar sus intentos de llevar el balón a posiciones avanzadas, favoreciendo a que los mejores delanteros sean capaces de enfrentarse a una gran variedad de situaciones de juego con un mínimo apoyo del medio campo.

Debilidades del sistema de juego 1-4-4-2

Las mismas están referenciadas a la previsibilidad y la rigidez del sistema de juego, así como a la presión que se ejerce sobre los centros campistas para atacar y defender de manera constante.

- Sistema de juego fútbol 1-4-4-2 Rombo.

Esta variante del sistema, está indicado para elevar el nivel de posesión del balón, ya que aporta superioridad numérica de jugadores en el área del centro del campo. Pudiera parecer que se renuncia a las bandas pero no es así. Contar con laterales ofensivos estos ocupará los carriles por fuera.

Figura No 2. Sistema de juego fútbol 1-4-4-2 Rombo.



- Sistema de juego fútbol 1-4-3-3.

Este sistema es sinónimo de fútbol de ataque, de posesión continua del balón. Una de sus características más importantes es la amplitud del terreno de juego que se abarca a través de sus extremos. Dos jugadores interiores que deben tener una gran condición física, jugadores área-área, deben tener llegada en segundas jugadas pero a su vez deben ayudar en defensa.

Figura No 3. Sistema de juego fútbol 1-4-3-3.



FORMACIÓN 1-4-3-3

Fortalezas del sistema de juego 1-4-3-3

Permite dominar la posesión del medio campo con sus tres jugadores contra equipos que juegan sólo dos.

Permite anular la amenaza que representan los laterales de un adversario, jugando con dos delanteros muy avanzados, limitando las opciones de ataque del oponente y permitiendo la posesión del balón en el mediocampo y disminuyendo sustancialmente las oportunidades de contraataque.

Debilidades del sistema de juego 1-4-3-3

Para su implementación con éxito, se debe contar con jugadores que tengan la capacidad de pensar y actuar de manera rápida en lo que respecta a su posicionamiento y la distribución del balón.

El delantero central tiene la gran responsabilidad de tomar posesión regular del balón y hacerlo llegar a los otros dos delanteros atacantes. Esta acción no puede realizarse por muchos delanteros centrales cuando se encuentran a una defensa de élite.

➤ Sistema de juego fútbol 1-3-5-2.

Este sistema es una de las mejores formaciones ofensivas de juego, no obstante puede ser clasificado como defensivo u ofensivo, dependiendo de las situaciones del juego. Por lo regular se utilizan a tres jugadores centrales y dos laterales.

Fortalezas del sistema de juego 1-3-5-2

Cuándo los extremos están en repliegue se convierte en un 1-5-3-2 de ahí la parte ultra defensiva del mismo.

Debilidades del sistema de juego 1-3-5-2

En la fase ofensiva, la línea defensiva se reduce a tres jugadores, debilitándose la misma.

➤ Sistema de juego fútbol 1-4-2-3-1

En este sistema la pelota se traslada a través de triángulos, siendo más efectivo para derribar a los oponentes que hacer avanzar la misma en líneas rectas.

Figura No 4. Sistema de juego fútbol 1-4-2-3-1.



FORMACIÓN 1-4-2-3-1

Fortalezas del sistema de juego 1-4-2-3-1

La posición de los dos mediocampistas en relación a los otros tres más avanzados permite generar opciones de pase del balón, eliminando el problema del juego recto o lateral de otros sistemas.

El número de jugadores atacantes potenciales permite que alguno de ellos se mueva a mayor profundidad para responder ante una oportunidad repentina de contraataque.

Además, con tantos jugadores listos y disponibles para pasar el balón hacia adelante, al delantero en esta formación se le suelen dar muchas oportunidades de marcar.

Debilidades del sistema de juego 1-4-2-3-1

El esfuerzo físico que tienen que realizar los centrocampistas y delanteros puede generar problemas en la defensa, dado que algunos equipos contrarios comienzan los ataques desde el núcleo de sus defensas.

Lo anterior remarca la presión que realmente existirá sobre los jugadores atacantes, que les exige que los mismos jueguen con una exactitud de tiempo que les permita moverse

de un extremo a otro del campo, de manera que se impida a los mediocampistas y laterales del adversario recuperar sus posiciones e iniciar ataques.

- Sistema de juego fútbol 1-3-4-3.

Este sistema es también de carácter muy ofensivo y de posesión continua del balón, abarcando una amplia parte del terreno de juego.

Figura No 5. Sistema de juego fútbol 1-3-4-3.



FORMACIÓN 1-3-4-3

Fortalezas del sistema de juego 1-3-4-3

Permite el dominio de la posesión del medio campo con sus cuatro jugadores contra equipos que juegan sólo tres o dos.

El número de jugadores atacantes potenciales permite que alguno de ellos se mueva a mayor profundidad para responder ante una oportunidad repentina de contraataque.

Debilidades del sistema de juego 1-3-4-3

En la fase ofensiva, la línea defensiva se reduce a tres jugadores, debilitándose la misma.

Los centro campistas deben contar con el físico adecuado para participar apoyando el ataque de los delanteros y retroceder para apoyar, ante cualquier situación a la defensa.

Metodología.

La investigación se realizó mediante una metodología descriptiva, no experimental, apoyados en el empleo de métodos teóricos, tales como: el histórico-lógico, el analítico-sintético, inductivo-deductivo y la revisión documental; permitiendo así realizar la RSL (Revisión Sistemática de Literatura). Para obtener información de calidad se siguió un orden lógico, que incluyó la planificación, análisis y valoración de los resultados y hallazgos encontrados principalmente en bases de datos y artículos científicos de alto impacto. La consulta de la literatura precedente contempló un rango de tiempo entre el 2000 y el 2020, incluyendo la valoración de los aportes realizados en Tesis de Doctorado, Maestría y Licenciatura en relación con el tema objeto de estudio.

El control de la calidad y el rigor científico del trabajo presentado estuvo precedido por el establecimiento de los criterios de inclusión y exclusión determinados, bajo los criterios de búsqueda: sistemas de juego”, “fútbol”, “deporte”, “evolución”,

Criterios de inclusión

1. Tipo de estudios: Estudios de revisiones teóricas o experimentales que permitan sistematizar las teorías precursoras en relación con la evolución de los sistemas de juegos en el fútbol y su significación en el rendimiento deportivo.
2. Tipo de participantes: investigadores, entrenadores, docentes, deportistas relacionados con el fútbol.
3. Tipo de resultados: Programas de entrenamiento, Metodologías, modelos, que sistematicen o contemplen experiencias relacionadas con el tema objeto de estudio
4. Tesis de Doctorado o Maestría realizadas en los últimos años en Universidades Internacionales o Nacionales sobre el tema de investigación.

Criterios de exclusión

1. Estudios o investigaciones realizadas en un rango de tiempo mayor al contemplado en la investigación.
2. Artículo en idioma diferente del español o inglés.
3. Otros estudios que por su tema o resultados no aporten elementos reveladores para nuestra investigación.

Resultados

El análisis y valoración de las bases de datos consultadas comprendió un rango entre el 2000 y el 2020, consultándose un total de 25 fuentes relacionadas con el tema objeto de estudio, determinándose dentro de estas 7 investigaciones potenciales para el estudio y sistematización de las teorías relacionadas con la evolución de los sistemas de juegos en el fútbol y su trascendencia en el rendimiento deportivo.

Especial significación adquirieron los aportes realizados por Sánchez, (2014) en su tesis de Doctorado, al analizar el desarrollo del juego de fútbol 11, desde la óptica de los sistemas complejos. En sus aportes el autor enfatiza en la necesidad de analizar más profundamente cómo va evolucionando el equipo durante un partido, el rol que toma cada jugador y el peso que tiene dentro del equipo, según su distribución y la posición que ocupa éste sobre el terreno de juego.

Emanado de la revisión bibliográfica realizada se aprecia además que dentro de los autores que más han aportado al análisis realizado se destacan: Casteló (1999), Mercé (2006), Sánchez (2014), Díaz (2017a, 2017b), Guedea, Nájera, Núñez, Candía & Gastélum (2019), los cuales destacan en su trabajo la necesidad de tener una mirada

amplia en relación con los sistema de juegos dentro del fútbol, acentuando que no sólo se trata de tener en cuenta la posición de los jugadores dentro del terreno, sino también valorar otros elementos más complejos y de especial alcance como es por ejemplo los señalados por Moreno (2016), al referirse a las características morfológicas, fisiológicas, psicológicas y técnico-tácticas que forman parte del perfil de un jugador de fútbol.

A ello se une las contribuciones de Agulló (2020), al plantear que los sistemas de juego en el fútbol presentan una concepción general que gira alrededor de la posición inicial y teórica de los jugadores en el terreno de juego. En este orden se coincide con Floro (2005), en que los sistemas de juego del fútbol se han ido transformando, evolucionando de una concepción inicial altamente ofensiva a una actual donde existe un predominio de la defensa por sobre la ofensiva, incidiendo de manera determinante en la organización táctica estructural de los equipos de fútbol

De todo lo anterior se coincide con lo señalado por Morales & Murillo (2013), al afirmar que los modelos de juego en el fútbol son más que un sistema de distribución de jugadores. Al respecto es criterio del investigador que es importante ver estos en toda su dimensión y profundidad, debido a que los sistemas de juegos funcionan de manera compleja, de ahí la importancia de determinar previamente qué línea seguir, cómo y cuándo actuar dentro del juego. Cabe recalcar que cada jugador tiene un importante papel a cumplir dentro del partido, cada uno desempeña disímiles funciones pero todos trabajan por un mismo objetivo: obtener la victoria.

Ello nos permite asumir que el éxito estaría en la determinación previa de la estrategia de juego a seguir y la comprensión que se debe lograr de esta por parte de cada jugador en correspondencia con sus funciones dentro del juego. Se considera asimismo que debido a la complejidad de los diferentes sistemas de juegos, características de los participantes y avances logrados, se hace muy necesario que los jugadores posean un conocimiento profundo de la táctica del juego a seguir, comprendiendo sus tendencias, funcionalidad, características y posiciones dentro del equipo, así también deben poseer conocimientos profundos del equipo contrario.

Encontrar un equilibrio en esto ha venido constituyendo sin lugar a dudas un gran reto para la comunidad deportiva y científica en general; precisamente porque si bien es cierto que con el transcurrir histórico se han realizado diferentes investigaciones relacionadas con los sistemas de juego en el fútbol, donde han aflorado posicionamientos teóricos de gran valía y actualidad, los cuales han posibilitado una evolución positiva del tema, aún resultan insuficientes tanto en el contexto ecuatoriano como internacional el desarrollo de investigaciones que permitan encontrar alternativas y aportar soluciones encaminadas a establecer estrategias de juegos más completas, dinámicas y personalizadas, que estén en correspondencia con las propias individualidades de los jugadores participantes.

Por otra parte se requiere enfatizar y profundizar en el desarrollo de investigaciones que permitan establecer con mayor claridad la relación que existe entre los sistemas de juego

y su significación en el rendimiento deportivo; máxime si tenemos en cuenta que ambas variables están estrechamente relacionadas, constituyendo una unidad dialéctica esencial a considerar para la mejora de los resultados deportivos.

Obsérvese la Tabla No 1, donde se muestran los resultados del análisis realizado en cuanto a las investigaciones potenciales directos para la presente investigación.

Tabla No 1 Resultado de Investigaciones potenciales directos para la investigación

Autorías, Titulo y año	Base de Datos	Intervención-	Conclusiones
Kordon P, Perrone E, Pochetino J (2007) - Evolución de los sistemas de juegos: historia y actualidad	https://prof.webcindario.com/evolucion de los sistemas de juego.pdf.	La evolución de los sistemas de juego del fútbol es un área para estudiar detalladamente. Los 3 sistemas de juego que consideramos para el análisis son el 4-4-2, que predomina principalmente en los equipos de primer nivel europeos y en el fútbol argentino, el 3-5-2 que predominó en Corea-Japón 2002 y el 4-5-1 que fue la base de Alemania 2006. Esta obsesión por pensar primero en la defensa antes que en el ataque, por tener más jugadores defensivos que ofensivos, hizo que fuera descendiendo progresivamente la cantidad de goles en los Torneos.	Evolución de los sistemas de juego: A medida que fueron pasando los años, el número de defensores fue creciendo mientras el número de delanteros disminuyó. Cantidad de goles en los Mundiales: Como resultado de esa obsesión por tener más defensores que delanteros, por defender antes que por atacar, el número de goles por partido disminuyó notoriamente. Un entrenador debe tener una idea de juego y utilizar un sistema de juego con diferentes variantes según las fortalezas, las debilidades, el rival, la localía, el resultado y muchos factores más que no se pueden pasar por alto. Pero principalmente en base a los Jugadores.
Castellano J, Perea A, Hernández A (2008). Análisis de la evolución del fútbol a lo largo de los mundiales.	Psicothema 2008. Vol. 20, n° 4, pp. 928-932. ISSN 0214 - 9915 CODEN PSOTEG. www.psicothema.com . Universidad de Oviedo. España	El estudio que se presenta continúa una línea de investigación iniciada hace ya algunos años sobre el análisis de la generalizabilidad y componentes de variancia aplicados a la acción de juego en fútbol, que nos ha permitido situar la investigación en un punto crucial. El	Se pudo interpretar que en los tres mundiales analizados (1998- 2002- 2006) se ha notado cierta diferencia en la forma que los equipos tienen de jugar en función de si van ganando, empatando o perdiendo y consiguen marcar o encajar un gol. Además cuando se considera en interacción. Además lo que nos hace interpretar

<p>Díaz R, Álamo H, Del Toro G, Hernández J (2011)- Estudio y análisis de los sistemas de juego en fútbol.</p>	<p>XIV Seminario Internacional y II Latinoamericano de Praxiología Motriz: Educación Física y contextos críticos. Departamento de Educación Física Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación Universidad Nacional de La Plata. Sitio web http://seminprax.fahce.unlp.edu.ar/. La Plata, 12 al 15 de octubre de 2011 - ISBN 978-950-34-0820-9</p>	<p>trabajo es el resultado de la observación, codificación y registro de los contextos de interacción desarrollados por las diferentes selecciones nacionales que han participado en la fase final de los mundiales de Francia'98, Japón y Corea'02 y Alemania'06, sumando un total de 58 partidos. Este trabajo es una investigación sobre la estrategia motriz en el fútbol, la cual tiene como referente teórico a la Praxiología motriz. Sus objetivos son el estudiar la estrategia motriz (táctica), específicamente la organización posicional: disposición espacial.</p>	<p>que en los tres mundiales analizados la variabilidad del juego ha sido más bien escasa, por no decir prácticamente nula. De este estudio preliminar, podemos hacer dos consideraciones que nos parecen de gran importancia. La primera que nos consideramos necesario abordar el estudio y análisis de la acción de juego, con una nueva perspectiva en la que predominen los aspectos informacionales y de significación práctica, por encima de los mecánicos o de ejecución, especialmente de las conductas motrices o subroles estratégicos motores. Esto implicará además que hagamos uso de manera prioritaria de una metodología observacional sistemática.</p>
<p>Morales Y, Murillo E (2013)- Origen y evolución de los sistemas tácticos del fútbol</p>	<p>Proyecto de grado válido parcialmente para optar al título de Profesional en Ciencias del Deporte. Universidad del Valle. Instituto Educación y Pedagogía Profesional en Ciencias del Deporte. Santiago de Cali.</p>	<p>Los sistemas de juego nos permiten esa organización colectiva de los jugadores dentro del campo y garantizan una adecuada ocupación racional del terreno de juego, necesaria para cumplir con las acciones de juego de las fases mencionadas anteriormente. De allí la necesidad de conocer más profundamente la importancia y las características de los principales sistemas de juego, desde su origen, su proceso evolutivo y de desarrollo, y su</p>	<p>Al realizar el análisis de las ventajas y desventajas de los sistemas tácticos utilizados el futbol actual, se plantea que a la enseñanza de la táctica le corresponde un aprendizaje de tipo cognitivo que tiene su importancia en el campo de aplicación motriz. El jugador debe conocer y entender la estructura funcional y la dinámica del juego, de lo contrario, actuará sin comprender lo que hace; la desventaja de este hecho es que los conocimientos adquiridos, de manera indiferenciada y por azar, se convierten en</p>

		aplicabilidad en el fútbol actual, así como también la necesidad de definir y explicar de forma clara y sencilla, la gran cantidad de términos y conceptos de esta disciplina, para su mejor comprensión	automatismos que se utilizan de forma rígida y no reflexiva, conllevando a cometer muchos errores y al estancamiento del pensamiento táctico. En todos los datos obtenidos se puede comprobar el efecto positivo que tiene la enseñanza teórico / práctica proposicional sobre la comprensión de la lógica interna del juego del fútbol y el comportamiento táctico.
Sánchez J (2014)- Análisis del desarrollo del juego de fútbol 11, desde la óptica de los sistemas complejos.	Tesis de Doctorado. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. España.	Este trabajo de investigación trata de combinar el análisis clásico de este tipo de modalidad deportiva con las propuestas basadas en la teoría de los sistemas complejos no lineales. Para ello se han seleccionado cuatro ámbitos de estudio, que tratan de abordar el fenómeno del fútbol desde una visión más general a otra más específica.	Aplicando una serie de herramientas, podemos analizar más detalladamente y más profundamente cómo va evolucionando el equipo durante un partido, el rol que toma cada jugador y el peso que tiene dentro del equipo, según su distribución y la posición que ocupa éste sobre el terreno de juego.
González S, García L, Contreras O (2015). Evolución de la toma de decisiones y la habilidad técnica en fútbol. ISSN: 1577-0354.	Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 15 (59) pp. 467-487. Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista59/artevolucion613.htm	Este artículo presenta como se desarrolla la toma de decisiones y la habilidad técnica en jugadores con alto nivel de pericia desde los 6-7 a 13-14 años. Los resultados se basan en el análisis inferencial y correlacional. La evolución del rendimiento de juego se orienta desde el ataque hasta la defensa. Se han encontrado diferencias significativas en las variables entre las cuatro categorías de formación estudiadas, especialmente en el principio táctico de progresar hacia la portería contraria y en el desmarque, así como en el marcaje y la ayuda en defensa.	La integración de las aportaciones científicas en el campo pedagógico debería ser visible en los campos de fútbol con jugadores en formación. De este estudio, se extrae información valiosa para el entrenador en relación a aspectos tales como la superación del egocentrismo en las primeras etapas, la alternancia en la enseñanza entre ataque y defensa, el aumento del número de jugadores en el juego competitivo de referencia. Dado que este estudio está basado en un ataque libre y una defensa individual, serían necesarios más estudios que analizaran otros tipos de ataque o de defensa, por ejemplo las defensas zonales en fútbol son muy

Moreno A (2016)- “Evolución del fútbol profesional y su repercusión en los requerimientos físicos de los jugadores”.

Tesis de fin de grado. Universidad de León. México.

En este estudio trataremos de hacer una reflexión evolutiva de este deporte, analizando de la manera más objetiva posible las principales dimensiones que han contribuido a innovar constantemente la esencia de esta modalidad tales como el perfil del entrenador y de sus jugadores, las dimensiones tácticas derivadas de los mismos, los avances en las investigaciones científicas y consecuentemente de los sistemas de entrenamiento, la importancia del “Match análisis”, también relacionando estos conceptos.

frecuentes y habría que estudiarlas.

Se ha percibido una clara tendencia evolutiva hacia la utilización de sistemas de juego que favorecen y promueven un planteamiento técnico-táctico de maniobra, y priorizando cada vez más el aspecto defensivo en detrimento del ofensivo. Esta evolución en la concepción del juego ha ido generando una mayor concentración de jugadores en el medio campo.

Cada vez se le da mayor libertad a la figura del entrenador y de su cuerpo técnico a la hora de tomar decisiones de ámbito táctico-estratégico, físico e incluso en el ámbito económico (fichajes), teniendo más oportunidades que en épocas anteriores de adaptar el juego del equipo acorde a su propia concepción del juego.

La evolución en los sistemas de “Match analysis” ha favorecido la proliferación de numerosos estudios tácticos, que nos permiten una inmensa malgama de dimensiones de análisis. Todo esto puede ayudar a visualizar aspectos tácticos y combinativos a mejorar (analizando el propio equipo), o bien a potenciar los que se consideren oportunos (analizando debilidades del rival).

Una vez revisada las literaturas precedentes y expuestos los criterios generales es preciso resumir cuatro ideas fundamentales que encierran en sí los resultados obtenidos:

1. La RSL (Revisión Sistemática de Literatura), permitió determinar que el tema relacionado con la evolución de los sistema de juegos en el fútbol y su trascendencia en el rendimiento deportivo se ha venido tratando en diferentes

investigaciones científicas realizadas desde hace varios años, sin embargo dada la propia evolución que se ha logrado tener en las estrategias de juego, el comportamiento y característica de los jugadores, la variabilidad de las técnicas y recursos a emplear, entre otros aspectos, hacen que este tema sea de mucho interés, pertinencia y actualidad científica.

2. El otro elemento a considerar y en el cual se debe enfatizar es que la variabilidad y complejidad de los sistemas de juegos en el fútbol, no solo están relacionados con la posición que ocupan los jugadores dentro del terreno, se trata de un proceso complejo, profundo, de múltiples miradas y dimensiones que requiere de atención permanente para poder alcanzar la optimización del rendimiento deportivo de los jugadores participantes.
3. A esto se debe agregar que todo proceso de aprendizaje táctico mediante las diferentes estrategias de juegos requiere de un desarrollo cognitivo sólido por parte de los futbolistas participantes de modo tal que facilite la aplicación motriz de lo aprendido, es por ello fundamental que el jugador conozca y comprenda la estructura funcional y la dinámica del juego a desarrollar.
4. La optimización del rendimiento deportivo está estrechamente relacionada con la estrategia de juego a seguir.

Conclusiones

Según el análisis y revisión de la literatura precedente se concluye:

- Se sistematiza la importancia y actualidad del tema, quedando evidenciado la necesidad de continuar profundizando en el mismo, en función de aportar estudios que permitan evidenciar con mayor intencionalidad la relación entre los diferentes sistemas de juegos y el óptimo desempeño deportivo.
- La evolución de los sistemas de juegos en el fútbol y su trascendencia en el rendimiento deportivo demuestran que se trata de un proceso altamente complejo, dinámico de múltiples miradas y dimensiones, que transita desde el desarrollo cognitivo que garantice el conocimiento y comprensión de la estrategia a seguir por parte de cada jugador hasta la aplicación en la práctica de lo aprendido.
- La evolución se marca en la existencia de sistemas de juegos ultraofensivo hasta la actualidad que se utilizan variantes de sistemas en un mismo partido.

Referencias Bibliográficas

- Agulló, C., (2020). *Los Sistemas de Juego en Fútbol* (Tesis de Grado). Universidad da Coruña, España.
- Castelo, J., (1999). *Fútbol Estructura y dinámica del juego*. Barcelona: Inde.
- Castellano, J., Perea, A., Hernández, A., (2008). Análisis de la evolución del fútbol a lo largo de los mundiales. *Psicothema*, 20 (4), 928-932.

- Cuadrado, P., (2001). Entrevista táctica a Francisco “Pacho” Maturana. *Revista Training Fútbol*, (69), 8-15.
- Csanádi, A. (1969). *El Fútbol: técnica, táctica y sistema de juego. Preparación física Entrenamiento*. Barcelona: Planeta.
- Díaz, R., Álamo, H., Del Toro, G. y Hernández, J. (2011). Estudio y análisis de los sistemas de juego en fútbol. XIV Seminario Internacional y II Latinoamericano de Praxiología Motriz: Educación Física y contextos críticos. Departamento de Educación Física Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de: <http://seminprax.fahce.unlp.edu.ar/>
- Díaz, M. (2017a). El mundo del entrenador de fútbol, entrenamiento, técnica, táctica y estrategia. Recuperado de: <https://bit.ly/3r0Fb82>
- Díaz, M. (2017b). Formaciones de Fútbol. Recuperado de: <https://bit.ly/38ROwJe>
- Ferrández, J. (1996). *Fútbol entrenamiento físico basado en la táctica y la estrategia*. Madrid: Gymnos.
- Floro, B., (2005). Bases en el desarrollo del sistema defensivo zonal. *Revista Training Fútbol*, (115), 18-21.
- García-Calvo, J.A., Benjamín, Z.E., López-Marco, J., Pérez-Caminero, L., Amavisca, J. E., Sánchez-Domínguez, C. y Guardiola, J. (2002). La táctica desde el punto de vista del jugador. *Revista Training Fútbol* (81), 16-23.
- González, S., García, L., Contreras, O., (2015). Evolución de la toma de decisiones y la habilidad técnica en fútbol. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 15 (59), 467-487. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2015.59.005>
- Guedea J, Nájera R, Núñez O, Candía R. y Gastélum G (2019). Sistemas tácticos y resultados de competición del Mundial de Fútbol Asociación de Rusia 2018. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (36), 503-509.
- Kordon, P., Perrone, E. y Pochettino, J. (2007). Evolución de los sistemas de juegos: historia y actualidad. Recuperado de: <https://bit.ly/3rYfAOD>
- Lovrinevich, C., (2002). Análisis de la evolución de los sistemas de juego en el fútbol. *Revista Digital* 8 (53), 1-12.

- Mercé, J., (2006). Apuntes de la asignatura de táctica y sistemas de juego. Curso de Técnicos Deportivos- Nivel II. Sevilla, España.
- Mercé, J., Ródenas, L., y Dómenech, C., (2008). Fútbol los sistemas de juego: Sistema 1.4.2-3.1. Sevilla: Wanceulen Editorial Deportiva
- Morales, Y. y Murillo, E. (2013). Origen y evolución de los sistemas tácticos en el fútbol. Proyecto de grado válido parcialmente para optar al título de Profesional en Ciencias del Deporte (Tesis de Grado). Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
- Moreno, A., (2016). Evolución del fútbol profesional y su repercusión en los requerimientos físicos de los jugadores (Tesis de Grado). Universidad de León, México.
- Sánchez, J., (2014). Análisis del desarrollo del juego de fútbol 11, desde la óptica de los sistemas complejos (Tesis Doctoral). Universidad de las Palmas de Gran Canaria, España.
- Tassara, H., (1967). Fútbol simplemente. San José: Antonio Lehman.
- Teodorescu, L., (1984). Problemas de la teoría y metodología nos desportos colectivos. Lisboa: Livros horizonte.
- Vales, A., (2012). Fútbol: Del análisis del juego a la edición de informes técnicos. Madrid: MC sports.
- Yagüe, J., & Sánchez, J., (2005)- Propuesta para la organización de actividades que faciliten el rendimiento del futbolista: el calentamiento para la competición. Revista Cuadernos Técnicos, (33), 33-43.
- Zeeb G., (1994) Manual de Entrenamiento de Fútbol. Barcelona: Paidotribo.

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Tapia Jara, F. G. (2021). Evolución de los sistemas de juego en el fútbol: Una revisión sistemática. *Ciencia Digital*, 5(2), 127-148.
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1620>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Aplicación de la Ecuación del Balance Térmico para determinar el confort higrotérmico en la vivienda unifamiliar en el cantón Girón.



Application of the Thermal Balance Equation to determine hygrothermal comfort in a single-family house in canton Giron.

Cristián Raúl Guzmán Clavijo.¹ & Doris Alexandra Alvear Calle.²

Recibido: 02-03-2021 / Revisado: 19-03-2021 / Aceptado: 26-03-2021 / Publicado: 05-04-2021

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1722>

The single-family houses in Girón, a canton located in the south of the province of Azuay, reveals the lack of hygrothermal performance studies in the design process that achieve successful internal thermal comfort conditions for the users; scenario that falls into poor indoor environmental quality of life. Through the thermal equilibrium, applying the heat balance equation, the research aims to determine the level of comfort or discomfort that the user experiences in the different the single-family house inner spaces. A qualitative research, starting at the exploratory level, with non-probabilistic sampling and the application of surveys, allows to obtain Girón population data. Heat balance calculations reveals if whether people are in comfort or in discomfort. The results exhibit that there are several factors which ward off the house users from being within the comfort zone; accordingly, it evidences the importance of the thermal balance analysis, which opens a

¹Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Arquitectura, Cuenca, Ecuador.
cguzman23@ucacue.est.edu.ec

²Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Arquitectura. Cuenca, Ecuador.
doris.alvear@ucacue.edu.ec

wide range of possible recommendations that will allow reaching the expected levels comfort.

Keywords: hygrothermal comfort, convection, conduction, metabolism, radiation, evaporation.

Resumen.

En el cantón Girón ubicado al sur de la provincia del Azuay, se evidencia que las viviendas unifamiliares carecen de diagnósticos higrotérmicos en el proceso de diseño que garanticen las condiciones de confort del usuario, ocasionando malestar en las condiciones de habitabilidad al interior de la vivienda. Mediante la aplicación de la ecuación del balance térmico se pretende determinar el grado de confort o desconfort que experimenta el usuario en los diferentes espacios al interior de la vivienda unifamiliar. A través de una investigación cualitativa que parte del nivel exploratorio, con el apoyo del muestreo no probabilístico y la aplicación de encuestas, se obtiene información de la población gironense que bajo el análisis del balance térmico determina si se encuentra en confort o en desconfort. Los resultados obtenidos exponen que son diversos los factores que impiden que los habitantes se encuentren dentro de la zona de confort, evidenciando como consecuencia la importancia del análisis del balance térmico, el mismo que abre un abanico de posibilidades para plantear recomendaciones que permitan alcanzar los niveles de confort anhelados.

Palabras claves: confort higrotérmico, convección, conducción, metabolismo, radiación, evaporación.

Introducción.

La arquitectura, ese el arte de proyectar y construir, sin importar los estilos arquitectónicos, tiene la finalidad de brindar satisfacción y las condiciones adecuadas para los habitantes y sus relaciones con el entorno, es por ello que debe palpar el territorio en el cual se construirá ya sea un edificio, hospital, vivienda, etc. y relacionarlo con los factores climáticos con los cuales tendrá que trabajar para conseguir el confort deseado para el hábitat de las personas; sin duda de los diferentes espacios que se pueden construir, la vivienda es el que resulta más factible de cumplir las expectativas y exigencias de confort (Cancino y Cortés, 2015).

Existen diferentes factores que ayudan a determinar el confort como son: los factores internos y factores externos, en lo que respecta a factores externos podemos decir que se refiere al grado de arropamiento, tipo y color de vestimenta, factores ambientales como temperatura de aire, temperatura radiante, humedad del aire, radiación, velocidad del viento, niveles lumínicos, niveles acústicos, calidad del aire, olores, ruidos, elementos visuales, etc. (Murillo, 2011) considerando la diversidad a la que se refiere se puede subdividir en dos tipos: los factores físicos o climáticos en los que se encuentra la temperatura del aire, radiación, humedad y el movimiento del aire; y los factores

individuales que abarcan la vestimenta, aclimatación, sexo, edad, forma del cuerpo, grasa subcutánea, alimentos y bebidas, color de la piel y estado de salud.

En cuanto a los factores internos que ayudan a determinar el confort tenemos: la raza, sexo, edad, características físicas y biológicas, salud física o mental, estado anímico, grado de actividad metabólica, experiencias y asociación de ideas, entre otros (Murillo, 2011). De acuerdo a la percepción sensorial tenemos diferentes tipos de confort: higrotérmico, lumínico, acústico, olfativo y psicológico. De los cuales nos centraremos en el primero el confort higrótérmico.

Hablar de confort higrótérmico en muchos casos quizás considerarían irrelevante o innecesario, pero cuando de construcciones se trata este tema lleva sin duda una inclinación bastante significativa, pues consideremos que los seres humanos queremos vivir en una edificación tranquila en la que, no solo estemos aislados de ruidos externos sino también deseamos ese lugar en el que no necesitemos recubrirnos con exagerada vestimenta porque hay un día lluvioso y temperaturas bajas en el ambiente, o por el contrario abrir ventanas o poner aire acondicionado porque el día está soleado y con temperaturas elevadas. Según Murillo (2011), el confort higró-térmico se puede definir como la ausencia de malestar térmico, y para que exista el mismo, los mecanismos termorreguladores del cuerpo no deben intervenir, éste confort se alcanza con una temperatura entre 21°C y 25°C, y con una humedad relativa entre el 20% y 75%.

El equilibrio térmico del cuerpo humano puede expresarse mediante una ecuación denominada balance térmico del cuerpo humano, en la que se representan los factores de ganancia (termogénesis) y pérdida (termólisis).

Tabla 1. Factores de ganancia

FACTORES	DESCRIPCIÓN
Metabolismo	Del proceso basal, proceso digestivo, actividad y tensión muscular.
Radiación	Del sol, directa y reflejada, de radiadores incandescentes y de objetos calientes no incandescentes.
Conducción	Por contacto con cuerpos calientes.
Convección	Del aire con temperatura mayor que la piel.

Fuente: Murillo,2011.

Elaborado: Cristian Guzmán

Tabla 2. Factores de pérdida

FACTORES	DESCRIPCIÓN
Radiación	Al cielo y superficies frías.
Conducción	Por contacto con cuerpos fríos.
Convección	Al aire con temperatura menor que la piel.
Evaporación	Por respiración y transpiración.

Fuente: Murillo,2011.

Elaborado: Cristian Guzmán

Existirá éste determinado equilibrio térmico cuando el ambiente esté térmicamente neutro, esto quiere decir cuando la termogénesis se equilibra con la termólisis, no se almacena calor y la temperatura corporal se equilibra (Murillo, 2011), es decir:

$$M \pm R \pm Cd \pm Cv - E = 0 \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

M=metabolismo

R=radiación (porcentaje en relación al metabolismo)

Cd=conducción

Cv=convección

E=evaporación

Si la suma es mayor a 0 quiere decir que el cuerpo se está calentando y se producirán regulaciones vasomotoras, por otro lado, si la suma es menor a 0 quiere decir que el cuerpo se está enfriando. El ser humano tiene una temperatura interna propia e independiente del ambiente del medio externo, regularmente esta temperatura es de 36.5°C a 37 °C, sin embargo, el ser humano puede soportar temperaturas internas entre 25°C a 42°C, pero por períodos cortos de tiempo. El cuerpo humano puede ser considerado como una máquina térmica que necesita una cierta cantidad de calor para que pueda funcionar, la principal fuente de calor para el organismo es la producción del calor metabólico (M), el cuerpo de las personas produce calor ya sea estando en reposo o en movimiento, una parte de éste se transmite al ambiente en un porcentaje estimado de un 80% y tan solo un 20% es utilizada (Murillo, 2011).

Es importante indicar que para desarrollar la ecuación de balance térmico se requiere primero obtener el valor de cada uno de los componentes de la ecuación a través de sub ecuaciones de; Metabolismo, Radiación, Conducción, Convección y Evaporación.

Metabolismo

Para conocer el valor de metabolismo (M) se aplica la siguiente ecuación elaborada por Harris Benedict la cual se aplica para determinar la tasa metabólica:

Tabla 3. Ecuación de Harris Benedict

HOMBRES	$TMB = (10 \times \text{peso en kg}) + (6,25 \times \text{altura en cm}) - (5 \times \text{edad en años}) + 5$
MUJERES	$TMB = (10 \times \text{peso en kg}) + (6,25 \times \text{altura en cm}) - (5 \times \text{edad en años}) - 161$

Fuente: Murillo,2011.

Elaborado: Cristian Guzmán

Para conocer el metabolismo de acorde a las diferentes actividades, se emplea la siguiente tabla, la cual está calculada para una superficie corporal de 1.72m².

Tabla 4. Tabla de metabolismo de las diferentes actividades.

ACTIVIDAD	W/m2	Met	W/persona
Dormir	40	0,70	69
Estar acostado	45	0,80	77
Sentado con movimiento moderado	60	1,00	103
Sentado con actividad ligera	64	1,10	110
De pie sin movimiento	70	1,20	120
De pie con actividad ligera	78	1,30	134
De pie con levantamiento y transporte moderados	93	1,60	160
Trabajo manual ligero	100	1,70	172
Caminar en horizontal (2km)	110	1,90	189
Bailar (actividad social)	111	1,90	191
Construcción ligera	125	2,20	215
Trabajo manual moderado	139	2,40	239
Lavar platos	145	2,50	249
Limpieza doméstica	150	2,60	258
Ejercicio moderado	167	2,90	287
Lavar a mano, planchar	170	2,90	292
Construcción moderada	180	3,10	310
Caminar en horizontal (5Km)	200	3,40	344
Trabajo manual pesado	235	4,10	404
Ejercicio intenso	250	4,30	430
Construcción pesada	275	4,70	473
Ejercicio o trabajo muy intensos	450	7,80	774
Correr (15 Km)	550	9,50	946

Fuente: Murillo,2011.

Elaborado: Cristian Guzmán

En el caso de que se desee calcular la superficie corporal de un individuo en etapa adulta se utiliza la siguiente ecuación de Mosteller:

$$X = \sqrt{(\text{peso} * \text{altura}) / 3600} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Mientras que para niños se aplica la ecuación de Haycock:

$$X = 0,024265 * \text{peso (kg)}^{0,5378} * \text{altura (cm)}^{0,3964} \quad \text{Ecuación 2.1.}$$

Radiación.

Para conocer el valor R (radiación) se aplica la siguiente ecuación:

$$R = e * \delta * A * \Delta T \quad \text{Ecuación 3.}$$

En la que:

R= flujo de calor por radiación (W)

e= emisividad-absorbencia de 0.7 a 0.9, dependiendo de la pigmentación, para ello se puede basar en la siguiente tabla:

Tabla 5. Tipos de piel

TIPO	NOMBRE	CARACTERISTICAS	(e) ESTIMADO
TIPO I	Céltica	Piel muy pálida, cabello rojizo, muchas pecas	0,65
TIPO II	Pálido	Piel pálida, cabello rubio, algunas pecas	0,70
TIPO III	Caucásica	Piel caucásica, cabello castaño, sin pecas	0,75
TIPO IV	Mediterránea	Piel marrón, cabello y ojos oscuros	0,80
TIPO V	Indio americano	Piel marrón oscuro, cabello oscuro	0,85
TIPO VI	Negra	Piel y cabello negro	0,90

Fuente: Murillo,2011.

Elaborado: Cristian Guzmán

A: porción de la superficie corporal de la persona en m².

$\delta: 5.6703 \cdot 10^{-8} \text{ watt/m}^2\text{k}^4$

AT: diferencia de temperatura (k⁴ grados kelvin)

AT: $t_n^4 - t_a^4$

Tn: temperatura neutra (k⁴ grados kelvin), que hace referencia a la temperatura en la que el cuerpo tiene el menor esfuerzo para mantener su equilibrio térmico con el medio circundante, y para calcularlo se aplica la siguiente fórmula de Szokolay.

$$T_n = 17,6 + 0,31T_m \quad \text{Ecuación 4.}$$

$$Z_c = T_n \pm 2,5^\circ\text{C} \quad \text{Ecuación 5.}$$

Tn: Temperatura neutra (°C)

Tm: temperatura media (°C)

Zc: zona de confort

Convección.

Para conocer el valor Cv (convección) tenemos la ecuación:

$$C_v = h_c \cdot A \cdot \Delta T \quad \text{Ecuación 6.}$$

Cv: flujo de energía calorífica

hc: coeficiente de convección (W/m²c⁰), para superficies expuestas a vientos exteriores se emplea la siguiente ecuación, en la que v=velocidad del viento (m/sg).

$$H_c = 5,8 + 4,1v$$

Ecuación 7.

A: porcentaje de superficie corporal (m^2)
 ΔT : diferencia de temperatura ($^{\circ}C$)
 ΔT : diferencia de temperatura (k^4 grados kelvin)
 ΔT : $t_n^4 - t_a^4$

Conducción.

Para conocer el valor conducción (Cd) tenemos que conocer acerca de la misma, pues la Cd no es más que la transmisión del calor entre la piel y los elementos en contacto, es decir con la ropa, ya que ésta se opone al paso del calor por lo que el hombre se protege del frío arropándose y del calor desnudándose. La integración de la vestimenta en el proceso de intercambio se realiza mediante la definición de una unidad de aislamiento denominada clo (clothe=ropa) que equivale a **0,155 m²*grado C / W**, para ello empleamos la tabla con el valor clo.

Tabla 6. Valores clo de acuerdo a combinaciones de vestuario.

NIVEL DE VESTUARIO	Clo	M ² * grado C / W
Cuerpo desnudo	0	0
Bikini similar	0,05	0,008
Ropa tropical: interior ligero + camisa corta + pantalón corto	0,20	0,031
Ropa ligera: interior ligera + camisa corta + pantalón ligero	0,50	0,078
Traje tropical	0,80	0,124
Traje formal de negocios incluido chaleco	1,00	0,155
Traje con abrigo de lana y ropa interior larga	1,60	0,248
Ropa de esquimales	3,50	0,546

Fuente: Murillo,2011.

Elaborado: Cristian Guzmán

Una vez que entendido el valor clo se procede a la ecuación para obtener el valor de la conductividad:

$$Cd = A * Ct * \Delta T$$

Ecuación 8.

Donde:

Cd: flujo de energía calorífica por conducción (W)
A: área expuesta al flujo de calor (m^2)

Ct: conductancia total ($W/m^2\text{ }^\circ C$)
Ct: Cc-Cm
Cc: conductancia corporal (k/b)
k: conductividad del material, piel ($0,34W/m\text{ }^\circ C$)
b: espesor del material, piel (0,001m)
Cm: conductancia del material ($W/m^2\text{ }^\circ C$)
 ΔT : diferencia de temperaturas ($^\circ C$)

Evaporación.

Para conocer el valor E (evaporación) tenemos la ecuación:

$$Q_e = 666,66 * e * v$$

Ecuación 9.

En el que:

Q_e: pérdida total por vaporación en watts (W)
ev: tasa de evaporación en kg/h, este valor es una constante y es igual a 1,5kg/h, pero podría variar según las características de las personas.

Cancino y Cortés (2015) realizaron una investigación cuyo objetivo principal era analizar cuánto y cómo inciden los mejoramientos técnicos de la MART en el confort-higrotérmico el hábitat residencial para lo cual seleccionaron tres casos de estudio, encuestas de percepción a los habitantes y comparación de resultados, todo ello para demostrar la importancia del confort higrotérmico (CH) en una vivienda y como un mejoramiento técnico puede incidir en la percepción de quienes habitan. Diulio *et al* (2012), consideran la importancia del estudio e implementación de técnicas de análisis y de aplicación de métodos para mejorar el confort higrotérmico en las viviendas para ello utilizan microadquisidores de datos HOBO. Otros autores también hablan con respecto al confort higro-térmico mencionando a las variables de temperatura, humedad y ventilación de los espacios habitados y su relación directa con del diseño y reglamentación técnica, con las características de la vivienda, con el clima del entorno y las prácticas sociales de los habitantes (Lisandro, 2015), lo que da a conocer la necesidad del estudio y aplicación de técnicas adecuadas para la construcción de una vivienda.

Son pocos los estudios realizados sobre CH y por ende son muchas las incertidumbres que se presentan, lo que genera la necesidad de realizar un estudio más profundo sobre ésta temática que permita dar respuesta a las necesidades de las personas, pues no es una novedad escuchar a los propietarios de viviendas decir que: su casa es fría, que se sofocan en épocas de verano, que la humedad impide que puedan descansar en las noches, y otras frases más; sin duda la falta de criterio técnico en el momento de construir en el que personas no especializadas en la rama de la arquitectura meten su mano para edificar, y no sólo eso también la falta de recursos económicos o el inmediatez de los propietarios hacen que éste apartado crucial para su homeostasis, sea desplazado, dejándolo en

segundo plano y acarreado posteriormente con las consecuencias dentro de las cuales la principal es la incomodidad.

Metodología.

La investigación parte de un objetivo principal el cual consiste en aplicar la ecuación del balance térmico, a la población del cantón Girón para determinar el nivel de confort higrotérmico, éste proceso se lleva a cabo a través del uso de una investigación cualitativa, que parte del nivel exploratoria, ya que es un campo nuevo de estudio que deja una puerta abierta a nuevas y futuras investigaciones; éste tipo de investigación tiene dos metas principales la comprensión y descripción de los fenómenos en un contexto determinado, en éste caso las características físicas y comportamentales de la persona y las especificaciones técnicas de los interiores de la vivienda; el tipo de muestreo a utilizar, es el muestreo no probabilístico, considerando que las familias a participar fueron voluntarias; el diseño con el cual se enfoca éste proceso investigativo es la investigación-acción, ya que está encaminada en un futuro a poder resolver el problema de confort en la vivienda partiendo de una base teórica.

Población y muestra

Girón es un cantón ubicado al sur de la provincia de Azuay, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) existen 3481 familias integradas cada una por 3.59 integrantes, con la finalidad de obtener información del promedio de habitantes del cantón para el cálculo del balance térmico, se empleará la técnica de encuestas, para determinar número de familias que deben ser encuestadas se aplica la ecuación de muestreo estratificado:

$$n = \frac{k^2 * P * Q * N}{e^2(N - 1) + k^2 * P * Q}$$

Donde:

N: es el tamaño de la población o universo (número total de familias a encuestar)

k: constante que dependerá del nivel de confianza que se asigne, el nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos: en este caso se utiliza un 90% de nivel de confianza, por ende $K = 1.65$.

e: error muestral deseado, es decir, viene a ser la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos, preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntásemos al total de la población.

p: es la proporción de individuos que poseen en la población la característica del estudio, éste dato por lo general tiende a ser desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.

q: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.

n: es el tamaño de la muestra (número de encuestas que se ejecutarán). (Networks, 2001 2013).

Ecuación aplicada que sirvió para determinar el número de familias que debían ser encuestadas, cuya muestra será considerada estadísticamente como válida:

$$n = \frac{(1.65)^2 * (0.5) * (1 - 0.5) * (3481)}{0.1^2 (3481 - 1) + 1.65^2 * (0.5) * (1 - 0.5)}$$
$$n = \frac{2369,255625}{35.480625}$$
$$n = 66.7760 = 6$$

De acuerdo a la ecuación resultante, se demuestra que la muestra óptima para que los resultados sean válidos y confiables es de 66.67 familias, con las cuales se procede a la aplicación de una encuesta en la que se describirán los diversos espacios de la casa, usos y actividades desarrolladas por integrantes de la familia.

Técnicas e instrumentos

Se realizó una encuesta administrada por el investigador como técnica de recogida de información con la cual a través de preguntas cerradas y abiertas se pretendía conocer la realidad individual de los integrantes de la familia desde las actividades que realiza, espacios de mayor uso, horarios, estatura, peso, etc.

Procedimiento

Se parte de la aplicación de la ecuación de muestreo estratificado para obtener el valor de la muestra (N) la cual tendrá un nivel confiabilidad del 90%, resultado de ésta se determina que N=67. Una vez obtenido éste valor se aplican encuestas a las 67 familias, considerando a cada uno de los integrantes como autores principales para proporcionar su información; los resultados exponen que la casa promedio del cantón Girón cuenta con: cocina, comedor, sala, estudio y 4 dormitorios. Por temas explicativos y aplicativos se ejemplifica la aplicación de la ecuación de equilibrio térmico con una familia escogida al azar, a la cual nombraremos CQ, conformada por: padre, madre, hijo y tío; en base a la información proporcionada en la encuesta por cada uno de ellos, se logra aplicar la ecuación de equilibrio térmico de manera individual para la cocina, sala, comedor, estudio y dormitorio; al realizar éste proceso en el que se utiliza la ecuación mencionada se demuestra la eficacia y utilidad de la misma para obtener un confort higo-térmico en los diferentes espacios de la vivienda.

Para aplicar la ecuación de equilibrio térmico se realiza el siguiente procedimiento, en éste caso se utilizará como referencia los datos obtenidos en la encuesta a quién ejerce el rol de padre de la familia CQ

Metabolismo

Espacio de vivienda: cocina

Actividad: lavar los platos

Valor de metabolismo en la cocina: 134W, 249W

Superficie corporal: 1,9965m²

M=443,12W

Radiación

$$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T \quad \text{Ecuación 3.}$$

$$R = (0,75) \cdot (5,6703 \cdot 10^{-8} \text{watt/m}^2\text{k}^4) \cdot (1,9965 \text{m}^2) \cdot (296,05^0\text{K}) - (292,30^0\text{K})^4$$

$$R = (0,75) \cdot (5,6703 \cdot 10^{-8} \text{watt/m}^2\text{k}^4) \cdot (1,9965 \text{m}^2) \cdot (3,75^0\text{K}^4)$$

R=3,18x10⁻⁷W (este resultado implica que la persona esta desnuda, como no es el caso,
R= 7,95x10⁻⁸W.

Conducción

$$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T \quad \text{Ecuación 8.}$$

Vestimenta: medias, camiseta manga corta, pantalones normales, zapatos suela fina.

Resistividad total: 0,074m²gradoC/W

Conductancia: $\frac{1}{\text{Resistividad}}$

Conductancia total: 13,51W/ m²gradoC+ (0,34/0,01) W/ m²gradoC

Conductancia total: 47,51W/ m²gradoC

Cd:(1,9965m²) *(47,51W/ m²gradoC) *(3,74⁰C)

Cd: 354,75W

Convección

$$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T \quad \text{Ecuación 6.}$$

Cv:(10W/ m²0C) *(1,9965m²) * (3,74⁰C)

Cv:74,67W

Evaporación

$$Qe = 666,66 \cdot e \cdot v \quad \text{Ecuación 9.}$$

Qe:666,66hora/Kg*1,5Kg/h

Qe:999,999

$$M \pm R \pm Cd \pm Cv - E = 0 \quad \text{Ecuación 1.}$$

$$443,12W + 7,95 \cdot 10^{-8}W - 354,75W - 74,67W - 999,999 = 0$$

Como resultado de la ecuación obtenemos -986,289 al ser un resultado negativo concluimos que el individuo está enfriándose, se reduce la circulación sanguínea hacia la piel.

Este procedimiento se ejecuta en cada uno de los espacios de la vivienda y por los cuatro integrantes de la familia CQ cuyo ejemplo se está utilizando para la ejemplificación.

Resultados.

Luego de ejecutado el proceso de investigación y de aplicar la ecuación de equilibrio térmico para cada uno de los integrantes de la familia en los cinco espacios de la vivienda: cocina, dormitorio, sala, comedor y estudio, y contrastando con los resultados de la encuesta realizada por los mismos, se puede obtener las siguientes tablas (tabla 7 y Figura 1.), mismas en las que se visualizará el valor de balance térmico y las recomendaciones generales para lograr que los espacios de uso frecuente por los integrantes de la familia puedan brindar ese confort higro-térmico anhelado, con lo cual también se puede elaborar un prototipo de vivienda unifamiliar con un adecuado confort-higrotérmico realizando dicho proceso.

Tabla 7. Cálculo del balance térmico en los diferentes espacios de la vivienda para los 4 integrantes

INTEGRANTE	DORMITORIO	SALA	COMEDOR	COCINA	ESTUDIO
	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$
	R= 4,11449E-06	R= 4,11449E-06	R= 4,11449E-06	R= 7,95 x10 ⁻⁸	R= 4,11449E-06
	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$
	Cd= 350,6944667	Cd= 350,6944667	Cd= 350,6944667	Cd= -354,75	Cd= 350,6944667
Papá	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$
	Cv= 197,1449492	Cv= 197,1449492	Cv= 197,1449492	Cv= -74,67	Cv= 197,1449492
	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -10,5	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -10,5	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -10,5	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -999,99	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -10,5
	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$
	R= 3,68011E-07				
	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$
	Cd= 31,36706668				
Mamá	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$
	Cv= 17,63318031				
	$Qe = 666,66 \cdot ev$				

	Qe= -10,5	Qe= -10,5	Qe= -10,5	Qe= -10,5	Qe= -10,5
Hijo	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$ R= 3,92882E-07	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$ R= 3,92882E-07	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$ R= 3,92882E-07	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$ R= 3,92882E-07	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$ R= 3,92882E-07
	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$ Cd=- 33,48692777	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$ Cd= 33,48692777	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$ Cd=- 33,48692777	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$ Cd= 33,48692777	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$ Cd= 33,48692777
	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$ Cv= 18,82487264	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$ Cv= 18,82487264	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$ Cv= 18,82487264	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$ Cv= 18,82487264	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$ Cv= 18,82487264
	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -10,5	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -10,5	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -10,5	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -999,99	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -10,5
Tío	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$ R= 4,11449E-06	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$ R= 4,11449E-06	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$ R= 4,11449E-06	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$ R= 1,67x10 ⁻⁵	$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T$ R= 4,11449E-06
	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$ Cd=- 350,6944667	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$ Cd=- 350,6944667	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$ Cd=- 350,6944667	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$ Cd= -354,75	$Cd = A \cdot Ct \cdot \Delta T$ Cd= 350,6944667
	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$ Cv= 197,1449492	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$ Cv=- 197,1449492	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$ Cv= 197,1449492	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$ Cv= -74,67	$Cv = hc \cdot A \cdot \Delta T$ Cv= 197,1449492
	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -10,5	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -10,5	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -10,5	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -999,99	$Qe = 666,66 \cdot ev$ Qe= -10,5

Fuente: Murillo, 2011.

Elaborado: Cristian Guzmán

Usuario	Edad años	Peso Kg	Talla m	Piel	Arropamiento	Actividad	Ambiente más utilizado	Horario de uso	Mes de análisis más crítico	Perdidas por evaporación	Equilibrio Térmico	Estrategias Generales
Papa	59	82	1,75	Tipo III		Sentado con movimiento moderado / Dormir	Sala	Noche	Agosto	Evaporación por respiración 10,5 w	-320,75	Ganancia de Calor en dormitorios y salas en la noche
							Dormitorio	Noche		-283,35		
Mama	60	78	168	Tipo III	Traje con interior ligero, camisa corta y pantalón ligero o ropa similar.	Trabajo manual moderado / Dormir	Cocina	Mañana tarde/noche	Agosto	Tasa de evaporación por sudoración 1,5 kg/h	-1098,78	Ganancia de Calor en: Cocina mañana y noche, y sala dormitorios en la noche
							Lavandería	Tarde		-1051,08		
							Dormitorio	Noche		-308,95		
							Sala	Noche		-271,24		
Hijo	19	68	185	Tipo III		Sentado con movimiento moderado / Dormir	Sala	Noche	Agosto	Evaporación por respiración 10,5 w	-258,69	Ganancia de Calor en dormitorios y salas en la noche
							Dormitorio	Noche		-303,31		
Tío	55	80	175	Tipo III		Sentado con movimiento moderado / Dormir	Sala	Noche	Agosto	Evaporación por respiración 10,5 w	-318,98	Ganancia de Calor en dormitorios y salas en la noche
							Dormitorio	Noche		-280,10		

Figura 1. Resultados de confort higro-térmico.

Fuente: Guzmán, 2016.

Conclusiones.

- En el cantón Girón existen viviendas que en su mayoría cuentan con: cocina, sala, comedor, estudio y cuatro dormitorios pero que no han sido diseñadas con un criterio enfocado al confort higrotérmico, lo que genera un malestar en las personas que habitan la unidad de vivienda. Al utilizar la fórmula del balance o equilibrio térmico podemos conocer de manera más clara y precisa cuales son las condiciones que requieren los diferentes espacios para que puedan sus habitantes percibir o sentirse en confort, sin embargo, por el tiempo que esto requiere y los costos que implican no han sido adaptadas por la ciudadanía llegando a convertirse en un círculo vicioso en el que el malestar y problema están latentes, aunque la solución esté cercana.
- Las personas experimentan diferentes sensaciones térmicas corporales de acuerdo a la actividad que se encuentre realizando en un determinado espacio, esta variación depende exclusivamente del balance higrotérmico y la vestimenta que son directamente proporcionales a la actividad que realiza, por cuanto al aplicar la fórmula se abre un abanico de posibilidades para plantear recomendaciones que permitan alcanzar los niveles de confort anhelados que pueden ir desde ampliar los espacios físicos, considerar diferentes materiales en la construcción como adobe, ladrillo, etc., colocar espacios de ingreso a la luz por ende al calor, todo esto considerando que el metabolismo arrojará siempre un resultado positivo puesto que es la ganancia del calor generada por el cuerpo, la radiación es positiva debido a que la radiación del sol es directa, la conducción es negativa porque el cuerpo humano es expuesto al contacto con el frío, la convección resulta negativa debido a que la temperatura del aire es menor a la temperatura interna del cuerpo humano, y la evaporación siempre arroja un valor negativo debido a la evapotranspiración; cuando el resultado final de la ecuación nos arroja un resultado negativo se entiende que el cuerpo está enfriándose y por el contrario si el resultado es positivo el cuerpo se está calentando.

Agradecimiento.

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Referencias bibliográficas.

Cancino, C., Cortés, A., (2015). Confort higro-térmico en vivienda social y la percepción del habitante. *Revista INVI*, 30 (85). Recuperado desde: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-83582015000300008&lang=es

- Czajkowski, J., Diulio, M., García, M., Marcilese, M., Salvetti, B., Vagge, C. (2012). E Evaluación del confort higrotérmico invernal en viviendas unifamiliares del Gran la Plata mediante auditorias. *Avances en energía renovable y medio ambiente*, 16. R Recuperado desde: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/89568/Documento_completo.pdf-f-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Garduño, A., Hernández, S. (2010). Tecnologías actuales aplicadas al desarrollo urbano s sustentable. *Acta Universitaria*, 20(1),25-34. Recuperado desde: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=416/41613084003>
- Guzmán, C.(2016). *Recomendaciones bioclimáticas para el diseño de vivienda unifamiliar en un clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo ubicado en el cantón Girón de la Provincia del Azuay*. Repositorio UCACUE.
- Lisandro, S. (2015). Los intelectuales y el poder en la producción del hábitat residencial de interés social. *Revista INVI*, 30(85),9-20. Recuperado desde: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=258/25842618001>
- Murillo, R. (2011). *Arquitectura bioclimática*. Guayaquil: Editorial de publicaciones de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Guzmán Clavijo, C. R., & Alvear Calle, D. A. (2021). Aplicación de la Ecuación del Balance Térmico para determinar el confort higrotérmico en la vivienda unifamiliar en el cantón Girón. *Ciencia Digital*, 5(2), 149-164.
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1722>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.

