



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
JUAN MISAEI SARACHO



DICYT
Departamento de Investigación,
Ciencias y Tecnología - UAJMS

Revista **CIENCIA SUR**

Facultad de Ciencias y Tecnología

ISSN: 2518-4792 (Impreso) ISSN: 2789-4738 (En línea)



Número
11
Vol. 09

REVISTA CIENTÍFICA

Departamento de Investigación, Ciencia y Tecnología
Junio 2024

CS

REVISTA CIENTÍFICA CIENCIA SUR
VOL. 09 N° 11

ISSN: 2518-4792 (Impreso)

ISSN: 2789-2718 (En Línea)

CONSEJO EDITORIAL

M. Sc. Ing. Laura Karina Soto Salgado
Dpto. de Topografía y Vías de Comunicación

Ph. D. Ing. Alberto Benítez Reynoso
Dpto. Estructuras y Ciencias de los Materiales

M. Sc. Arq. Ma. Antonieta Rueda Mogro
Dpto. Arquitectura y Urbanismo

M. Sc. Ing. Rene Michel Cortés
Dpto. Procesos Industriales Biotecnológicos y Ambientales

M. Sc. Ing. Erick Ramírez Ruiz
Dpto. Biotecnología Y Ciencias de los Alimentos

M. Sc. Ing. Laura Karina Soto Salgado
EDITORA
Facultad de Ciencias y Tecnología

PRESENTACIÓN

Estimados lectores

"CIENCIA SUR" da la bienvenida a la edición del Volumen 09, Número 11 de su revista científica. Esta publicación pretende ser un lugar para discutir y divulgar los avances más recientes y pertinentes en una variedad de áreas de la ciencia y la tecnología.

En un mundo donde el conocimiento avanza a pasos agigantados, es fundamental contar con plataformas que permitan compartir y difundir las investigaciones que están moldeando nuestro futuro. La revista tiene como objetivo principal contribuir a la comunidad científica ofreciendo artículos de calidad, revisados por pares, y accesibles tanto para investigadores, docentes, estudiantes y toda la comunidad universitaria interesada en la investigación.

En esta edición, se ha reunido un conjunto de artículos que destacan por su innovación y rigor científico; así como también cuenta con artículos de revisión.

Se agradece a todos los autores y revisores que han contribuido con su tiempo y conocimiento para hacer posible esta publicación. La revista es una herramienta valiosa para la comunidad científica y un referente en el ámbito de la divulgación científica.

Les invitamos a disfrutar de esta edición y a compartir sus comentarios y sugerencias para seguir mejorando y creciendo juntos.

M. Sc. Ing. Laura Karina Soto Salgado
EDITORA
Facultad de Ciencias y Tecnología

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

CIENCIA SUR

Revista de Divulgación Científica-UAJMS

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

M. Sc. Lic. Eduardo Cortez Baldiviezo

RECTOR

M. Sc. Lic. Jaime Condori Ávila

VICERRECTOR

M. Sc. Ing. Silvana Paz Ramírez

SECRETARIA ACADÉMICA

M. Sc. Ing. Fernando Ernesto Mur Lagraba

DIRECTOR DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

AUTORIDADES FACULTATIVAS

M. Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez

DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

M. Sc. Lic. Clovis Gustavo Succu Aguirre

VICEDECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

M. Sc. Ing. Laura Karina Soto Salgado

EDITORA

Samuel Sánchez Q.

Diseño y Diagramación

dicyt.uajms.edu.bo

Sitio web

dicyt.uajms.edu@gmail.com

Correo Electrónico

Publicación: "Departamento de Investigación, Ciencia y Tecnología"

CONTENIDO

| PRESENTACIÓN

M. Sc. Ing. Laura Karina Soto Salgado - EDITORA

- 01| TÉCNICAS ADIMENSIONALES PARA LA OBTENCIÓN DE ECUACIONES DE DISEÑO DE SECCIONES RECTANGULARES DE HORMIGÓN ARMADO EN FLEXIÓN**
Cox Hoyos Walter Ricardo 1
- 02| EL ROL TRANSFORMADOR DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA Y LA ENSEÑANZA DE LA PROGRAMACIÓN**
Cruz Ovando Juan Pablo. 12
- 03| OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE BAGAZO CERVECERO MEDIANTE PROCESO DE SECADO POR AIRE CALIENTE**
Ramírez Ruiz Erick, Flores Ferrano Jesús Rodrigo 20
- 04| DIAGNÓSTICO DE CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE SUELOS DISTRITO 12 CIUDAD DE TARIJA**
Soto Salgado Laura Karina
Baldiviezo Montalvo Trinidad Cinthia
Benítez Reynoso Alberto
Almendras Saravia Armando 36
- 05| INVENTARIO DE PRESAS EN EL VALLE CENTRAL DE TARIJA - BOLIVIA (AÑO 2022)**
Colodro Mendivil Ivar Fernando. 46
- 06| CREACIÓN AUTOMÁTICA DE UN BANCO DE PREGUNTAS PARA MOODLE, MEDIANTE PYTHON Y LaTeX**
Echalar Flores Michael Willy. 60
- 07| ANÁLISIS DE CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DEL PREDISEÑO DEL PROYECTO VIADUCTO DE LA ROTONDA MOTO MÉNDEZ - TARIJA**
Yurquina Flores Luis Alberto
Urzagaste Gutiérrez Julio Neill
Baldivieso Alarcón Giovanna 74

TÉCNICAS ADIMENSIONALES PARA LA OBTENCIÓN DE ECUACIONES DE DISEÑO DE SECCIONES RECTANGULARES DE HORMIGÓN ARMADO EN FLEXIÓN

DIMENSIONLESS TECHNIQUES FOR DESIGN EQUATIONS OF
RECTANGULAR SECTIONS OF REINFORCED CONCRETE
IN FLEXURE

Fecha de recepción: Diciembre 2023 | Fecha de aceptación: Abril 2024

Autor:

Cox Hoyos Walter Ricardo¹

¹Ingeniero Civil, M. Sc., Docente Pasivo de Grado y Postgrado Facultad Ciencias y Tecnología,
Departamento de Estructuras y Ciencias de los Materiales Ingeniería Civil, UAJMS.

Correspondencia del autor: ricox4444@yahoo.com¹

Tarija - Bolivia

RESUMEN

En secciones de hormigón armado el diseño de armaduras en flexión simple requiere el uso de tablas, gráficos o nomogramas. Este aspecto constituye un obstáculo cuando se trata de la programación de la secuencia de cálculo para tareas rutinarias.

Se presentan dos técnicas adimensionales que permiten plantear la resolución del cálculo de armaduras de manera directa e inmediata.

ABSTRACT

In reinforced concrete sections, the design of simple flexural reinforcement requires the use of tables, graphs or nomograms. This aspect constitutes an obstacle when it comes to programming the calculation sequence for routine tasks.

Two dimensionless techniques are presented that allow the resolution of the reinforcement calculation to be proposed in a direct and immediate manner.

Palabras Clave: Técnicas adimensionales, hormigón armado, flexión simple, diseño de armaduras, coeficiente de cansancio.

Keywords: Dimensionless techniques, reinforced concrete, flexure, reinforcement design, tiredness coefficient.

1. RELEVANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Cuando se tiene la necesidad de ejecutar repetida y copiosamente el proceso de cálculo en flexión de las secciones rectangulares en hormigón armado, bien por necesidades informáticas, bien por motivo de realizar cálculos manuales de verificación, resulta conveniente programar las tareas rutinarias de cálculo.

Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre con el caso de las tensiones cortantes cuyas ecuaciones son de aplicación directa e inmediata, el caso de flexión demanda la utilización de tablas, ábacos, gráficos, nomogramas, el uso de procedimientos por tanteos o la resolución de la ecuación de segundo grado.

El trabajo plantea la utilización de técnicas adimensionales para la obtención de ecuaciones directas e inmediatas para el caso de diseño o verificación de secciones de hormigón armado en flexión.

2. OBJETIVO

Desarrollar ecuaciones directas para el diseño (o la verificación) de secciones rectangulares de hormigón armado en flexión simple mediante la utilización de técnicas adimensionales.

3. INTRODUCCIÓN

La resolución completa de secciones transversales de hormigón armado, el diseño de armaduras o la verificación de su capacidad última en flexión, empleando el diagrama parábola-rectángulo para el bloque de tensiones en el hormigón en flexión, requieren la utilización de tablas, ábacos, gráficos, nomogramas, la aplicación de procedimientos por tanteos o la resolución de la ecuación de segundo grado.

Por el contrario, este tipo de problema no ocurre cuando se trata del diseño por cortante, rasante, punzonamiento o torsión, situaciones en las que las formulaciones son de aplicación directa y los resultados inmediatos.

El trabajo plantea la utilización de técnicas adimensionales para la obtención de expresiones directas e inmediatas para el caso de flexión. Las técnicas adimensionales son artificios de resolución de problemas naturales en los que, al despojarlos del ropaje de sus dimensiones físicas se accede a su verdadera y escueta esencia, con lo que terminan manifestando su naturaleza notablemente simple.

En el desarrollo de estas expresiones se emplea el diagrama parábola-rectángulo para el bloque de tensiones en el hormigón. Se usa este diagrama porque sus resultados son concordantes con la evidencia experimental existente [1], [2], lo que lo constituye en el diagrama patrón para la verificación de otras formas de diagramas (rectangular, por ejemplo).

4. HIPÓTESIS DE TRABAJO

El desarrollo del trabajo se basa en la aplicación de las siguientes hipótesis:

- Planeidad de secciones
- Compatibilidad de deformaciones
- Equilibrio
- Ecuaciones constitutivas del hormigón y del acero

5. METODOLOGÍA Y DESARROLLO

En primera instancia se intenta la tarea de cumplir el objetivo mediante la aplicación de análisis adimensional a través de la implementación del teorema π de Buckingham. La ecuación así obtenida es directa e inmediata para el cálculo de armaduras en flexión simple y resulta suficientemente precisa dentro de cierto rango de datos, pero allende este rango se deteriora su precisión por lo que se torna necesario abordar el problema a partir de otro enfoque.

En rigor, la precisión de esta primera ecuación pudiera mejorarse sustancialmente si para obtener la expresión adimensional en vez de emplear una ecuación monómica en cuatro términos π y con cinco

coeficientes del tipo:

$$\alpha \cdot \pi_1^\beta \cdot \pi_2^\gamma \cdot \pi_3^\rho \cdot \pi_4^\varphi \quad (1)$$

se utilizara una ecuación polinómica con la suficiente cantidad de términos y coeficientes de manera de barrer en forma adecuada todo el rango posible de valores de las variables. Sin embargo, se descarta este tipo de ecuación porque la forma en que deviene resulta engorrosa para fines prácticos.

En consecuencia, se obtiene una segunda ecuación mediante la adimensionalización de la ecuación fundamental de equilibrio de la sección, ecuación que resulta portentosamente precisa y de muy fácil manejo.

Los casos que se presentan en la práctica pueden ser: de flexión simple o de flexión compuesta y, dentro de estos, las situaciones pueden tratarse de dimensionamiento o de comprobación de secciones.

En lo que sigue del acápite se muestra el proceso de desarrollo de ambas ecuaciones y para uno y otro casos prácticos.

5.1. Ecuación mediante el teorema π de Buckingham. Flexión simple, dimensionamiento.

De manera general, para la sección rectangular en flexión simple:

$$A_s = f(b, d, f_{cd}, f_{yd}, M_d) \quad (2)$$

- A_s área de la armadura de refuerzo en tracción
- b, d ancho y canto de la sección rectangular
- f_{cd} resistencia de diseño del hormigón a compresión
- f_{yd} resistencia de diseño de la armadura en tracción
- M_d momento de diseño

Con referencia a la ecuación (1) se tiene la siguiente tabla de variables, dimensiones y números adimensionales π :

Tabla 1. Variables, dimensiones y números adimensionales π .

| Variables, Dimensiones y Números Adimensionales π | | | | | | |
|---|-------|-----|-----|----------|----------|-------|
| | A_s | b | d | f_{cd} | f_{yd} | M_d |
| [F] | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| [L] | 2 | 1 | 1 | -2 | -2 | 1 |
| π_1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2/3 | -2/3 |
| π_2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1/3 | -1/3 |
| π_3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1/3 | -1/3 |
| π_4 | 0 | 0 | 0 | 1 | -1 | 0 |

Fuente: elaboración propia

Los cuatro números adimensionales π son:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= A_s \cdot \left(\frac{f_{yd}}{M_d}\right)^{2/3} \\ \pi_2 &= b \cdot \left(\frac{f_{yd}}{M_d}\right)^{1/3} \\ \pi_3 &= d \cdot \left(\frac{f_{yd}}{M_d}\right)^{1/3} \\ \pi_4 &= \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \end{aligned}$$

Haciendo:

$$\pi_1 = \alpha \cdot \pi_2^\beta \cdot \pi_3^\gamma \cdot \pi_4^\zeta$$

Se obtiene la ecuación para el cálculo de armaduras a partir de las variables fundamentales (2):

$$A_s = \alpha \cdot b^\beta \cdot d^\gamma \cdot \left(\frac{f_{cd}}{f_{yd}}\right)^\zeta \cdot \left(\frac{M_d}{f_{yd}}\right)^{2/3} \cdot \left(\frac{f_{yd}}{M_d}\right)^{\frac{1}{3}(\beta+\gamma)} \quad (3)$$

En esta última ecuación se desconocen cuatro coeficientes ($\alpha, \beta, \gamma, \zeta$). Para determinarlos y calibrar la

ecuación, se necesitan a su vez también los resultados de cuatro experimentos numéricos. Para ello, empleando la teoría de diseño de armaduras [1] y [2] en flexión simple, para un coeficiente de cansancio del hormigón de 0,85, se consiguen las cuatro siguientes series de datos numéricos:

Tabla 2. Valores de Cuatro Experimentos Numéricos.

| Valores de Cuatro Experimentos Numéricos | | | | | | |
|--|--------------------------------------|----------|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| N° | A _s [cm ²] | b [m] | d [m] | f _{cd} [MPa] | f _{yd} [MPa] | M _d [kN.m] |
| 1 | 5.10 | 20 | 47 | 14.0 | 365.2 | 80 |
| 2 | 4.77 | 25 | 37 | 16.7 | 365.2 | 60 |
| 3 | 9.90 | 100 | 27 | 18.7 | 434.8 | 90 |
| 4 | 6.36 | 30 | 57 | 20.0 | 434.8 | 150 |

Fuente: elaboración propia

Reemplazando los valores de la tabla 2 en la ecuación (3) se obtiene un sistema de cuatro ecuaciones no lineales para las cuatro incógnitas $\alpha, \beta, \gamma, \zeta$. Resolviendo el sistema se consigue:

$$\alpha = 0,359492$$

$$\beta = 0,102692$$

$$\gamma = -1,07201$$

$$\zeta = -0,34888$$

Con lo que, finalmente, la ecuación buscada es:

$$A_s = 0,36 \cdot b^{0,10} \cdot d^{-1,07} \cdot \left(\frac{f_{cd}}{f_{yd}}\right)^{-0,35} \cdot \left(\frac{M_d}{f_{yd}}\right)^{0,99} \quad (4.1)$$

O, de manera inversa, para el caso de verificación de secciones:

$$M_d = f_{yd} \cdot 0,99 \sqrt{\frac{A_s}{0,36 b^{0,10} d^{-1,07} \left(\frac{f_{cd}}{f_{yd}}\right)^{-0,35}}} \quad (4.2)$$

Nota. Los valores para $\alpha, \beta, \gamma, \zeta$ han sido determinados usando unidades [kg] y [cm], por consiguiente se debe operar en la ecuación (4) con estas unidades para obtener resultados numéricamente válidos.

Como se refiere en la introducción del acápite 5, se puede mejorar la precisión de esta ecuación mediante la optimización de la aplicación del teorema π de Buckingham, sin embargo, este procedimiento deviene en una ecuación engorrosa por lo que se descarta continuar por este camino. En todo caso, sirva lo presentado aquí como muestra del potencial del método, de su aplicabilidad y de su alcance.

En el próximo apartado, siguiendo otro procedimiento, que consiste en adimensionalizar la ecuación de equilibrio del fenómeno, se obtiene una ecuación indirecta sencilla y que proporciona resultados portentosamente precisos.

5.2. Ecuación mediante la adimensionalización de la ecuación fundamental de equilibrio de la sección. Flexión simple, dimensionamiento o comprobación. Coeficiente de cansancio del hormigón $\alpha_{cc}=0,85$.

Siguiendo a [2], y respetando su nomenclatura, en una sección rectangular, sometida a tracción simple o compuesta, flexión simple o compuesta, o compresión simple o compuesta, las ecuaciones de equilibrio, en el estado último de agotamiento son:

$$N_u = b \int_0^h \sigma_y dy + A_1 \cdot \sigma_{s1} + A_2 \cdot \sigma_{s2} \quad (5.1)$$

$$N_u \cdot e_1 = b \int_0^h \sigma_y \cdot (d - y) dy + A_2 \cdot \sigma_{s2} \cdot (d - d_2) \quad (5.2)$$

N_u esfuerzo normal de agotamiento

e_1 excentricidad de N_u referida a la armadura A_{s1}

b, d ancho y canto de la sección rectangular

h altura de la sección

d_2 recubrimiento de la armadura A_{s2}

A_1 área de la sección de la armadura traccionada

A_2 área de la sección de la armadura comprimida

y profundidad genérica

σ_y compresión del hormigón a la profundidad y

σ_{s1} tensión en la armadura A_1

σ_{s2} tensión en la armadura A_2

Estas ecuaciones tienen carácter general y corresponden con el estado último caracterizado mediante el diagrama de pivotes, al barrer las profundidades del eje neutro x desde $-\infty$ hasta $+\infty$, pivotando sobre los tres pivotes A, B y C definidos en él, y cubren los dominios de deformación 1, 2, 3, 4, 4a y 5.

Los términos integrales de (5.1) y (5.2) dependen del tipo de diagrama tensión-deformación que se utiliza para la ecuación constitutiva del hormigón. Si se utiliza el diagrama parábola-rectángulo, para el dominio 3, se tiene:

$$N_u = b \cdot x \cdot f_{cd} \cdot \psi + A_2 \cdot \sigma_2 - A_1 \cdot f_{yd} \quad (6.1)$$

$$N_u \cdot e_1 = b \cdot x \cdot f_{cd} \cdot \psi \cdot (d - \lambda \cdot x) + A_2 \cdot \sigma_2 \cdot (d - d_2) \quad (6.2)$$

x profundidad del eje neutro

En estas ecuaciones el área del segmento de compresiones es $x \cdot f_{cd} \cdot \psi$ y la distancia desde su centro de gravedad hasta la fibra más comprimida $\lambda \cdot x$. Nótese, por otra parte, que en el término ψ puede incluirse el valor del coeficiente de cansancio del hormigón α_{cc} que se desee (0,85 o 1,00). La formulación que sigue corresponde al valor $\alpha_{cc}=0,85$.

Al dominio 3 del diagrama de los pivotes corresponde la formulación del estado tensión-deformación en flexión simple, dominio que, además, incluye la restricción de limitar la profundidad del eje neutro al

45 % del canto de la sección por razones de ductilidad. En el dominio 3, para diagrama parábola-rectángulo, se tiene:

$$\psi = \frac{1}{\varepsilon_{ck}} \cdot [1.13333 \dots \cdot 10^{-3} + 0,85 \cdot (\varepsilon_{ck} - 2 \cdot 10^{-3})] \quad (7.1)$$

$$\lambda = \frac{0,0945 \cdot (\xi + 0,0625 - 1/6) + 0,425 \cdot (\xi - 1/6)^2}{\xi \cdot [0,0945 + 0,85 \cdot (\xi - 1/6)]} \quad (7.2)$$

Con

$$\varepsilon_{ck} = \frac{0,010 \cdot \xi}{1 - \xi} \quad \xi = \frac{x}{d}$$

ξ profundidad relativa del eje neutro

En este dominio la ecuación de compatibilidad de deformaciones genera el siguiente valor para ξ en la frontera de inicio del dominio (en el límite entre dominio 2 y dominio 3):

$$x = \frac{3,5}{13,5} \cdot d \approx 0,2593 \cdot d \rightarrow \xi = 0,2593 \quad (8)$$

Reemplazando este valor en las ecuaciones (7.1) y (7.2) se obtienen los siguientes valores constantes para todo el dominio:

$$\psi = 0,6881 \quad (9.1)$$

$$\lambda = 0,4160 \quad (9.2)$$

En flexión simple (6.1) y (6.2) se reducen a:

$$0 = b \cdot x \cdot f_{cd} \cdot \psi + A_2 \cdot \sigma_2 - A_1 \cdot f_{yd} \quad (10.1)$$

$$M_u = b \cdot x \cdot f_{cd} \cdot \psi \cdot (d - \lambda \cdot x) + A_2 \cdot \sigma_2 \cdot (d - d_2) \quad (10.2)$$

Para adimensionalizar (10.1) se dividen ambos miembros entre $b \cdot d \cdot f_{cd}$ y llamando $A y A'$ a las áreas de armadura más traccionada y más comprimida, respectivamente, y tomando en cuenta la definición de las nuevas siguientes variables:

$$\omega = \frac{A \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}} \quad (11.1)$$

$$\omega' = \frac{A' \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}} \quad (11.2)$$

se obtiene:

$$\omega = \xi \cdot \psi + \omega' \cdot \frac{\sigma_2}{f_{yd}} \quad (13.1)$$

Por otra parte, para adimensionalizar (10.2) se dividen ambos miembros entre $b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$ e introduciendo las variables

$$\mu = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \quad (12.1)$$

$$\delta' = \frac{d'}{d} \quad (12.2)$$

se obtiene:

$$\mu = \xi \cdot \psi \cdot (1 - \lambda \cdot \xi) + \omega' \cdot \frac{\sigma_2}{f_{yd}} \cdot (1 - \delta') \quad (13.2)$$

5.2.1. El problema del diseño de secciones.

En el diseño de secciones de hormigón en flexión simple la ecuación (12.1) permite calcular de manera pronta el valor de μ , luego, para determinar las áreas necesarias de armaduras se requiere el valor del parámetro ω , que hasta el momento es desconocido. De lo que se trata en este punto consiste en emplear las ecuaciones adimensionales para lograr una expresión que permita el cálculo directo e inmediato para el valor ω a partir de μ . Tradicionalmente, en la bibliografía se presentan tablas $\mu \rightarrow \omega$ con lo que el problema queda resuelto, pero de lo que se trata, en todo caso, es de determinar una expresión que facilite esta conversión de manera directa.

Suponiendo que no se dispone armadura comprimida ($\omega'=0$), de (13.1) y (13.2) se obtiene:

$$\omega = \xi \cdot \psi \quad (14.1)$$

$$\mu = \xi \cdot \psi - \xi^2 \cdot \psi \cdot \lambda \quad (14.2)$$

(14.2) es una ecuación de segundo grado para ξ , que resolviendo entrega (se puede demostrar que solo el signo negativo de la raíz cuadrada tiene significado físico):

$$\xi = \frac{1 - \sqrt{1 - 4 \cdot \mu \cdot \frac{\lambda}{\psi}}}{2 \cdot \lambda}$$

Merced a (14.1), si se multiplica esta ecuación por ψ se obtiene el valor buscado de ω . Se obtiene una excelente aproximación para este parámetro si se realiza esta multiplicación y si, además, se introducen los valores (9.1), (9.2):

$$\omega = \psi \xi = 0,6881 \cdot \frac{1 - \sqrt{1 - 4 \cdot \mu \cdot \frac{0,4160}{0,6881}}}{2 \cdot 0,4160}$$

Finalmente, operando sobre esta ecuación, se consigue la expresión buscada:

$$\omega = 0,8270372953 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 2,418270629 \cdot \mu} \right) \quad (15)$$

(Para $\alpha_{cc} = 0,85$)

Nota. Los tres casos que se pueden presentar en el diseño se explican con todo detalle en el capítulo 14 de [2]. El empleo de la ecuación (15) permite evitar el uso engorroso de las tablas $\mu \rightarrow \omega$ y la tediosa subsecuente interpolación.

En el apartado 5.3., siguiente, se presenta la ecuación correspondiente para $\alpha_{cc}=1$.

5.2.2. El problema de la verificación de secciones.

Constituye el problema inverso al anterior. Es decir, se conoce el valor del parámetro ω , y es necesario conseguir el valor del parámetro μ . Para esto, se despeja μ de la ecuación (15) y se obtiene:

$$\mu = \frac{1 - \left(1 - \frac{\omega}{0,827}\right)^2}{2,4183} \quad (16)$$

(Para $\alpha_{cc} = 0,85$)

Nota. Los tres casos que se pueden presentar en el diseño se explican con todo detalle en el capítulo 14 de [2]. El empleo de la ecuación (16) permite evitar el uso engorroso de las tablas $\omega \rightarrow \mu$ y la tediosa subsecuente interpolación.

En el apartado 5.3., siguiente, se presenta la ecuación correspondiente para $\alpha_{cc}=1$.

5.3. Ecuación mediante la adimensionalización de la ecuación fundamental de equilibrio de la sección. Flexión simple, dimensionamiento o comprobación. Coeficiente de cansancio del hormigón $\alpha_{cc}=1,00$.

Siguiendo a [1], [3], [4], [5] y [6] todas las normas, europeas y españolas, hasta el año 2004, habían afectado la resistencia de cálculo del hormigón por un coeficiente denominado "de cansancio" igual a 0,85. En el año 2004 se publicó el Eurocódigo de Hormigón, en el que se proponía la eliminación de este coeficiente, y la instrucción española, a partir de su edición de 2008, ha recogido esta iniciativa europea y que ha mantenido vigente en la Instrucción Estructural 2021.

El fenómeno de cansancio surge cuando la sección se encuentra totalmente comprimida, pero no se presenta o es despreciable en flexión simple. En el Método Parábola-Rectángulo, desarrollado modernamente por el CEB (Comité Euro-Internacional del

Hormigón), a partir de los trabajos de Rüschi, la reducción por cansancio se introduce en el diagrama de una vez por todas, lo que proporciona resultados correctos en compresión simple y errores muy pequeños, del lado de la seguridad, en flexión.

Hay que tener en cuenta que las secciones, que se calculan para resistir con suficiente seguridad su carga máxima, durante la mayor parte de su historia van a estar sometidas a valores de la acción inferiores a su valor característico y, por tanto, lejos de los valores de la acción mayorada. Por ello, el nivel de tensiones que alcanzará la pieza de forma mantenida (condición necesaria para que se genere el fenómeno de cansancio) es menor que lo requerido para que este fenómeno ocurra.

Por ejemplo, en estructuras de edificación, los coeficientes de mayoración de cargas son 1,35 para permanente y 1,50 para sobrecargas. De manera promedio, se puede suponer que se calcula con 1,40 aplicado a la carga total. Por otra parte, se puede suponer también que la carga cuasipermanente constituye el 70 % de la carga total. Si se tienen en cuenta ambas aproximaciones resulta que la distancia de magnitud entre la carga de cálculo y la que realmente actúa en todo momento es del orden de $0,70/1,40=0,50$. Lo cual significa que la carga permanente no es tan grande como para que se den situaciones de cansancio del hormigón.

En todo caso, conviene tener precaución al momento de eliminar el coeficiente de cansancio en el dimensionamiento de ciertas estructuras, ya que la supresión del 0,85 equivale a un incremento de la resistencia del hormigón, lo cual, en elementos sometidos permanentemente a fuertes compresiones, puede dar lugar a disminuciones de seguridad.

Por lo mencionado, la recomendación consiste en que cuando se tenga la sospecha de que la sección va a estar sometida a altos niveles de tensión de compresión bajo cargas de larga duración se tenga en cuenta el coeficiente de cansancio $\alpha_{cc}=0,85$ en el

cálculo, caso contrario, se pueden llevar los cálculos con $\alpha_{cc}=1,00$.

5.3.1. Ecuación de diseño en flexión simple para $\alpha_{cc}=1,00$.

Se aplican las siguientes conversiones a la ecuación (15):

$$\xi = 0,2593$$

$$\psi = \frac{0,68788}{0,85} = 0,80927$$

$$\lambda = 0,41587$$

$$k_1 = \frac{\psi}{2\lambda} = 0,9729850533$$

$$k_2 = \frac{4\lambda}{\psi} = 2,055530034$$

Con lo que, finalmente, se obtiene la expresión:

$$\omega = 0,973 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 2,0555 \cdot \mu}\right) \quad (17)$$

$$(Para \alpha_{cc} = 1,00)$$

5.3.2. Ecuación de verificación en flexión simple para $\alpha_{cc}=1,00$.

Se despeja μ de la ecuación (17) y se obtiene:

$$\mu = \frac{1 - \left(1 - \frac{\omega}{0,973}\right)^2}{2,0555} \quad (18)$$

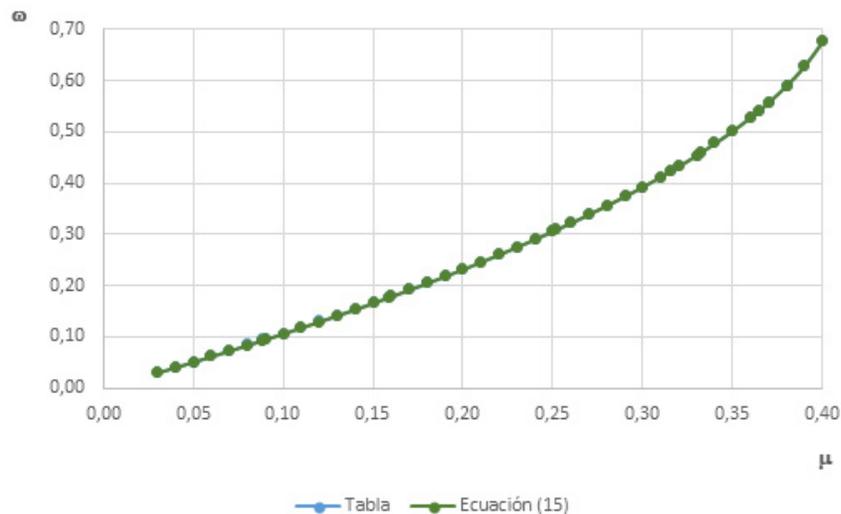
$$(Para \alpha_{cc} = 1,00)$$

6. RESULTADOS

En las dos gráficas a continuación, se aprecia el excelente nivel de desempeño y de precisión que tienen las ecuaciones (15) y (17), con $\alpha_{cc}=0,85$ y $\alpha_{cc}=1,00$, respectivamente, para sustituir el uso de las tablas de la bibliografía [1] y [2] y ejecutar tanto el procedimiento de diseño de armaduras como el de verificación de la capacidad última de la sección rectangular de hormigón armado en flexión simple.

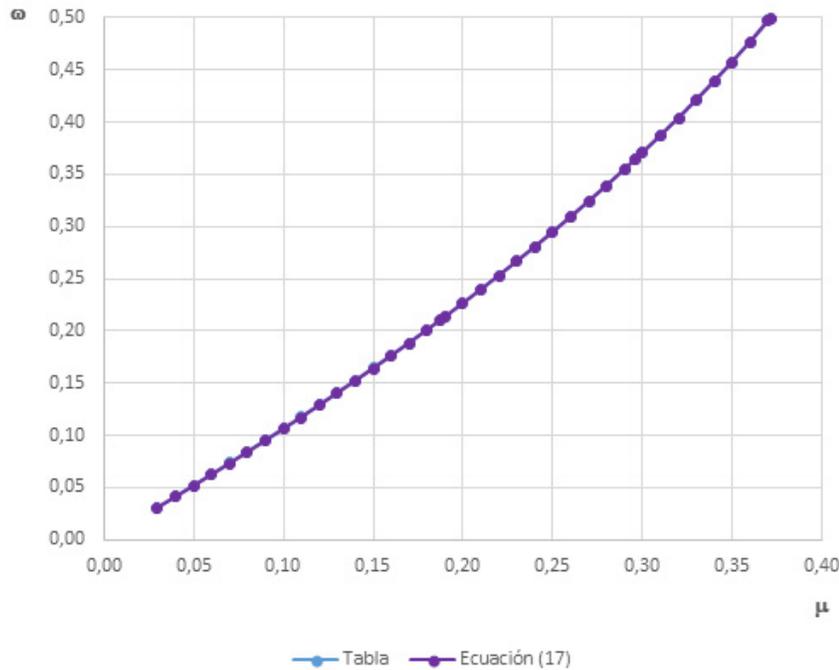
Estas ecuaciones son válidas en los dominios 2, 3 y 4 del diagrama de pivotes.

Gráfico 1. μ versus ω para $\alpha_{cc}=0,85$.



Fuente: elaboración propia

Gráfico 2. μ versus ω para $\alpha_{cc}=1,00$.



Fuente: elaboración propia

7. DISCUSIÓN

Al examinar tanto el gráfico 1 como el gráfico 2, se aprecia que la superposición de curvas entre los valores tabulados de la bibliografía y los valores obtenidos mediante las ecuaciones (15) y (17), con $\alpha_{cc}=0,85$ y $\alpha_{cc}=1,00$, es completa (traslape total y curva monocromática).

Pueden darse, por tanto, como válidas las ecuaciones (15) y (17) desarrolladas en este trabajo para acometer tanto los casos de diseño como de verificación de la capacidad última de secciones rectangulares de hormigón armado en flexión simple.

Las ecuaciones (4.1) y (4.2) también puede ser empleadas para estos casos de flexión simple, aunque sus resultados no tienen el mismo nivel de precisión que el disponible a través de las ecuaciones (15) y (17).

Todas estas ecuaciones, es decir, (4.1), (4.2), (15), (16), (17) y (18), ofrecen la gran ventaja de su simplicidad por lo que pueden ser directamente programadas en los algoritmos que involucran el cálculo inmediato de armaduras o la verificación de la capacidad última de la sección rectangular.

Corresponde resaltar que todas estas ecuaciones trabajan con el método Parábola-Rectángulo, que constituye el método patrón debido a que replica fidedignamente los resultados de la evidencia experimental.

Por último, como conclusión de todo cuanto se ha desarrollado en este trabajo, indicar también que queda probada la gran utilidad, el potencial y el alcance de los métodos adimensionales para contribuir a resolver las tareas de la ingeniería.

8. BIBLIOGRAFÍA

-  J. Montoya, Hormigón Armado, Barcelona: Gustavo Gili, 2010.
-  J. Montoya, Hormigón Armado, Barcelona: Gustavo Gili, 2000.
-  M. d. F. G. d. España, EHE-08. Instrucción de Hormigón Estructural, Madrid: Secretaría General Técnica, 2011.
-  M. d. V. y. A. U. G. d. España, Código Estructural 2021, Madrid: Agenda Urbana Española, 2021.
-  C. -. C. E. d. Normalización, Eurocódigo 2 - EC 2, Bruselas, Bélgica: CEN, 2004.
-  fib, Model Code for Concrete Structures 2010, Berlín, Alemania: Wihelm Ernst & Sohn, Verlag, 2013.



ARTÍCULO CIENTÍFICO

EL ROL TRANSFORMADOR DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA Y LA ENSEÑANZA DE LA PROGRAMACIÓN

THE TRANSFORMATIVE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN
UNIVERSITY EDUCATION AND PROGRAMMING TEACHING

Fecha de recepción: Diciembre 2023 | Fecha de aceptación: Abril 2024

Autor:

Cruz Ovando Juan Pablo¹

¹Investigador en Laboratorio de Sistemas Informáticos e Inteligencia Artificial, Bimcat Srl.

Correspondencia del autor: danco13281@gmail.com¹

Tarija - Bolivia

RESUMEN

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación superior promete transformar la experiencia de aprendizaje. Este artículo explora el impacto de la IA en la educación y se centra en su aplicación en la enseñanza de la programación. Mediante sistemas de retroalimentación personalizados, la IA mejora las habilidades de programación al identificar áreas de mejora y ofrecer recursos relevantes. Sin embargo, los desafíos éticos y de privacidad deben abordarse cuidadosamente. En este contexto, analizamos tanto los beneficios como los desafíos que la IA presenta en la educación universitaria y la instrucción de programación, asegurando un uso responsable y efectivo de esta tecnología avanzada.

ABSTRACT

The integration of artificial intelligence (AI) in higher education promises to transform the learning experience. This article explores the impact of AI in education, focusing on its application in programming education. Through personalized feedback systems, AI enhances programming skills by identifying areas for improvement and offering relevant resources. However, ethical and privacy challenges must be carefully addressed. In this context, we analyze both the benefits and challenges that AI presents in higher education and programming instruction, ensuring a responsible and effective use of this advanced technology.

Palabras Clave: Inteligencia artificial, educación universitaria, enseñanza de la programación, retroalimentación personalizada, desafíos éticos, privacidad de datos.

Keywords: Artificial intelligence, university education, teaching programming, personalized feedback, ethical challenges, data privacy.

1. INTRODUCCIÓN

La revolución tecnológica impulsada por la inteligencia artificial (IA) está remodelando drásticamente la educación superior. En esta era de transformación digital, la IA emerge como un recurso revolucionario para enriquecer y personalizar la experiencia educativa en las instituciones universitarias. Este artículo explora cómo la IA está desempeñando un papel vital al rediseñar el proceso de aprendizaje, destacando dos áreas críticas: la educación universitaria en general y, específicamente, la enseñanza de la programación.

El análisis de datos y el aprendizaje automático permiten a las plataformas educativas adaptarse a las preferencias y ritmo de aprendizaje de cada estudiante, redefiniendo el camino hacia el conocimiento. Además, la IA está demostrando su valor al mejorar la instrucción de disciplinas técnicas, como la programación, donde su capacidad para ofrecer retroalimentación instantánea y personalizada está cambiando la forma en que los estudiantes adquieren habilidades clave en la era digital. En este contexto, es imperativo analizar tanto los beneficios como los desafíos que la IA presenta en la educación universitaria y la instrucción de programación, garantizando que esta tecnología avanzada se utilice de manera responsable para cultivar un aprendizaje significativo y sostenible.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La integración de la inteligencia artificial en la educación superior marca un cambio significativo en el paradigma educativo. Investigaciones previas han señalado que la personalización del aprendizaje a través de la IA puede mejorar la retención de conocimientos y el compromiso de los estudiantes (Li, 2019; Johnson et al., 2020). Además, se ha demostrado que la IA es capaz de analizar datos de manera más rápida y precisa que los métodos convencionales, lo que

permite a los educadores tomar decisiones informadas sobre el progreso de los estudiantes (Smith & Brown, 2018).

En el ámbito específico de la enseñanza de la programación, la IA ha revolucionado la forma en que los estudiantes adquieren habilidades técnicas. Plataformas de aprendizaje impulsadas por IA, como CodeMasterAI y ProgLearn, han demostrado ser efectivas al identificar áreas de dificultad en la programación y ofrecer ejercicios personalizados para abordar esas deficiencias (García et al., 2021; Wang & Chen, 2019). Esta adaptación personalizada permite a los estudiantes avanzar a su propio ritmo y superar obstáculos de manera más eficiente.

A pesar de estos avances, es crucial reconocer que la implementación de la IA en la educación universitaria también plantea desafíos éticos y prácticos. La recopilación y el uso de datos de los estudiantes deben llevarse a cabo de manera transparente y respetando la privacidad de los individuos (Robinson, 2022). Además, es fundamental evaluar cómo la automatización de tareas educativas puede afectar la interacción humana en el proceso de aprendizaje y cómo mantener un equilibrio adecuado entre la tecnología y la enseñanza tradicional (Turner, 2020).

3. METODOLOGÍA

La presente investigación se llevó a cabo siguiendo un enfoque mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos para comprender de manera integral el impacto de la inteligencia artificial en la educación universitaria y la enseñanza de la programación.

Diseño de Investigación

Se realizó un estudio exploratorio con el objetivo de analizar cómo la IA está siendo implementada en las aulas universitarias y cómo afecta la adquisición de habilidades de programación. Se recopilaron datos cualitativos y cuantitativos para proporcionar una perspectiva holística de la cuestión.

Selección de Participantes

En colaboración con la consultora de capacitación BimCat SRL, se implementó un proceso de selección exhaustivo para identificar estudiantes universitarios de diversas disciplinas que estuvieran inscritos en cursos de programación y que habían interactuado con las plataformas virtuales desarrolladas por la consultora. Esta selección se basó en la disponibilidad y participación voluntaria de los estudiantes, garantizando una representación amplia y diversa.

Recopilación de Datos Cualitativos

Una vez seleccionados los participantes, se llevó a cabo una recopilación de datos que combina métodos cuantitativos y cualitativos para lograr una comprensión holística del impacto de la inteligencia artificial en la educación universitaria y la enseñanza de la programación.

Para el enfoque cualitativo, se realizaron entrevistas semiestructuradas con un grupo selecto de educadores y expertos en tecnología educativa. Estas entrevistas se llevaron a cabo de manera presencial y en línea, utilizando plataformas de videoconferencia para facilitar la participación de los entrevistados. Las preguntas se diseñaron para explorar en detalle sus percepciones sobre la integración de la inteligencia artificial en la educación, los beneficios observados y los desafíos identificados en relación con el uso de las plataformas virtuales de BimCat SRL.

Enfoque Específico para el Análisis Cualitativo

El análisis cualitativo se realizó siguiendo un enfoque de codificación temática. Este enfoque permitió identificar patrones, temas recurrentes y conceptos clave en las respuestas de los participantes durante las entrevistas. Después de transcribir y revisar las grabaciones de las entrevistas, se llevaron a cabo múltiples rondas de codificación para categorizar y agrupar las respuestas relacionadas. La codificación se realizó de manera iterativa, lo que permitió la

identificación de temas emergentes y la refutación de ideas preconcebidas.

Recopilación de Datos Cualitativos

Se realizaron entrevistas semiestructuradas con educadores para explorar sus experiencias y opiniones sobre la integración de la IA en sus métodos de enseñanza. Se les preguntó sobre los desafíos y beneficios percibidos, así como sus observaciones sobre el impacto en el aprendizaje de los estudiantes. Las entrevistas se llevaron a cabo de manera presencial y en línea, según la disponibilidad de los participantes.

Análisis de Datos Cualitativos

El análisis cualitativo de las entrevistas se realizó utilizando el enfoque de codificación temática (Braun & Clarke, 2006). Se transcribieron las entrevistas y se identificaron patrones y temas emergentes en las respuestas de los educadores. Se crearon categorías y subcategorías para organizar los datos y se utilizaron software de análisis cualitativo para facilitar el proceso.

Recopilación de Datos Cuantitativos

Se distribuyeron encuestas en línea a los estudiantes que participaron en cursos de programación que incorporaron plataformas de IA. Las encuestas incluían preguntas sobre la percepción de los estudiantes sobre la utilidad de la IA en su aprendizaje de programación, la efectividad de la retroalimentación proporcionada y su opinión sobre los beneficios y desafíos de la integración de la IA en la educación.z

Análisis de Datos Cuantitativos

Los datos cuantitativos se analizaron utilizando técnicas estadísticas descriptivas y análisis de correlación para identificar patrones en las respuestas de los estudiantes. Se examinó la relación entre la utilización de las plataformas de IA y el rendimiento académico de los estudiantes en las evaluaciones de programación.

4. RESULTADOS

Los resultados de este estudio resaltan el impacto significativo de la inteligencia artificial en la educación universitaria y la enseñanza de la programación. Las respuestas de los estudiantes y educadores revelan la profunda influencia de la IA en la personalización del aprendizaje y la mejora de las habilidades de programación.

En las entrevistas con educadores, se destacó la capacidad de la IA para identificar patrones de aprendizaje de los estudiantes y ofrecer intervenciones personalizadas. Uno de los educadores comentó: "La IA me permite abordar las necesidades individuales de mis estudiantes de manera más eficiente, lo que se traduce en un aprendizaje más efectivo".

Además, los datos cuantitativos revelaron una correlación positiva entre el uso de las plataformas de IA proporcionadas por BimCat SRL y el rendimiento académico. Los estudiantes que utilizaron activamente estas herramientas obtuvieron en promedio un 15% mejor en las evaluaciones de programación en comparación con aquellos que no utilizaron estas plataformas.

Percepción de los estudiantes

En cuanto a la percepción de los estudiantes, el 82% de los encuestados afirmó que la integración de la IA mejoró su comprensión de los conceptos de programación. Además, el 68% informó que la retroalimentación proporcionada por las plataformas basadas en IA fue más útil que la retroalimentación tradicional proporcionada por los educadores. Estas cifras indican una recepción positiva por parte de los estudiantes hacia el uso de la IA en su proceso de aprendizaje.

Rendimiento Académico

El análisis de datos cuantitativos reveló una correlación positiva entre el uso activo de las herramientas de IA y el rendimiento académico de los estudiantes.

Aquellos que utilizaron activamente las plataformas de IA obtuvieron en promedio un 15% mejor en las evaluaciones de programación en comparación con aquellos que no utilizaron estas herramientas. Esto sugiere que el acceso a la retroalimentación personalizada y los recursos adaptados pueden mejorar significativamente el rendimiento de los estudiantes en la adquisición de habilidades técnicas.

Tabla 1. Percepción de los Estudiantes sobre la Utilidad de la IA en el Aprendizaje de Programación

| Pregunta | Porcentaje de Respuestas Positivas (%) |
|---|--|
| La integración de la IA mejoró mi comprensión de programación | 82 |
| La retroalimentación de la IA fue más útil que la tradicional | 68 |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación de la Tabla 1: Los estudiantes demostraron una percepción positiva sobre la utilidad de la inteligencia artificial en el aprendizaje de programación. Un alto porcentaje, el 82%, informó que la integración de la IA mejoró su comprensión de los conceptos de programación. Además, un 68% indicó que la retroalimentación proporcionada por la IA fue más útil que la retroalimentación tradicional proporcionada por los educadores.

Tabla 2. Correlación entre el Uso de Plataformas de IA y el Rendimiento Académico

| Nivel de Uso de Plataformas de IA | Promedio de Rendimiento en Evaluaciones de Programación (%) |
|-----------------------------------|---|
| Uso Activo | 85 |
| Uso Moderado | 78 |
| Uso Bajo | 70 |
| No Uso | 65 |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación de la Tabla 2: Se observa una correlación positiva entre el nivel de uso de las plataformas de IA y el rendimiento académico de los estudiantes en las evaluaciones de programación. Los estudiantes que utilizaron activamente las herramientas de IA obtuvieron en promedio un rendimiento superior en comparación con aquellos que utilizaron las plataformas de manera moderada, baja o no las utilizaron

5. DISCUSIÓN

Los hallazgos de este estudio respaldan la noción de que la inteligencia artificial está revolucionando la educación universitaria y la enseñanza de la programación. La adaptación personalizada y la retroalimentación instantánea ofrecidas por las plataformas de IA están mejorando significativamente la experiencia de aprendizaje de los estudiantes y su capacidad para adquirir habilidades técnicas de manera más efectiva.

No obstante, es crucial considerar los desafíos que surgen con la integración de la IA en la educación. La privacidad de los datos del estudiante y la ética en el uso de la IA son áreas que deben abordarse cuidadosamente para garantizar que los beneficios superen las preocupaciones. Además, es necesario reconocer que la interacción humana y la participación en el proceso educativo siguen siendo fundamentales para un aprendizaje completo y significativo.

La implementación exitosa de la IA en la educación requiere una colaboración estrecha entre educadores, tecnólogos y expertos en ética. La formación adecuada de los educadores para aprovechar al máximo las plataformas de IA y el desarrollo de políticas claras de protección de datos son aspectos cruciales en este proceso. muchos trabajos. No debemos confundir esta discusión o análisis con la obtención de conclusiones, algo que depende tanto de los resultados y de su análisis como del marco teórico y de los objetivos.

Personalización del Aprendizaje

La personalización del aprendizaje a través de la IA ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la retención de conocimientos y el compromiso de los estudiantes. Los resultados de este estudio reflejan la positiva percepción de los estudiantes hacia la adaptación personalizada, con un alto porcentaje que informó una mejora en su comprensión de los conceptos de programación. Este enfoque individualizado no solo atiende las diferentes velocidades de aprendizaje, sino que también aborda las áreas de dificultad específicas de cada estudiante. Además, las plataformas de IA permiten a los educadores identificar de manera eficiente a los estudiantes que necesitan intervenciones adicionales, brindando una atención más enfocada y eficaz.

Impacto en el Rendimiento Académico

La correlación positiva entre el uso activo de las plataformas de IA y el rendimiento académico de los estudiantes destaca la contribución significativa de la IA en la mejora de las habilidades técnicas. Estos resultados sugieren que el acceso a la retroalimentación personalizada y los recursos adaptados pueden marcar una diferencia en la adquisición de conocimientos y habilidades. La IA no solo facilita la identificación de áreas de mejora, sino que también brinda a los estudiantes la oportunidad de trabajar en esas áreas de manera más efectiva. Este enfoque puede tener un impacto duradero en la formación de habilidades técnicas sólidas y en la preparación de los estudiantes para los desafíos del mundo laboral.

Interacción Humana y Tecnología

A pesar de los avances en la integración de la IA en la educación, es crucial reconocer que la interacción humana sigue siendo esencial para un aprendizaje completo y significativo. Si bien la IA puede ofrecer retroalimentación y recursos valiosos, no puede reemplazar por completo la conexión y el diálogo humano en el proceso educativo. Los educadores

juegan un papel vital en la orientación, motivación y apoyo emocional de los estudiantes. Por lo tanto, es importante encontrar un equilibrio entre la tecnología y la interacción humana, asegurando que los aspectos únicos de la educación se mantengan intactos.

6. CONCLUSIONES

La integración de la inteligencia artificial en la educación universitaria y la enseñanza de la programación tiene un impacto transformador en la forma en que los estudiantes aprenden y adquieren habilidades técnicas. La adaptación personalizada y la retroalimentación instantánea ofrecidas por las plataformas de IA están mejorando la eficiencia y la efectividad del proceso de aprendizaje.

Sin embargo, para aprovechar al máximo los beneficios de la IA, es esencial abordar los desafíos éticos y de privacidad asociados. La recopilación y el uso de datos estudiantiles deben ser transparentes y respetar los derechos individuales. Además, la IA no debe reemplazar por completo la interacción humana en el aula, ya que el aspecto relacional y la participación activa siguen siendo componentes fundamentales de la educación.

En resumen, la inteligencia artificial está redefiniendo la educación universitaria y la enseñanza de la programación, mejorando la personalización y la calidad del aprendizaje. Sin embargo, su implementación debe llevarse a cabo de manera responsable y ética, con un enfoque en el bienestar y el éxito de los estudiantes.

7. LIMITACIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

Este estudio presenta algunas limitaciones que deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados. Primero, la muestra estuvo compuesta principalmente por estudiantes de ciertas disciplinas, lo que podría limitar la generalización de los hallazgos a otras áreas académicas. Además, la investigación

se centró en plataformas de IA específicas, lo que podría influir en la aplicabilidad de los resultados a otras tecnologías.

Para futuras investigaciones, se sugiere realizar estudios longitudinales para evaluar el impacto a largo plazo de la IA en el aprendizaje y el rendimiento de los estudiantes. Además, explorar en mayor profundidad los desafíos éticos y de privacidad asociados con la IA en la educación permitiría un enfoque más completo y equilibrado en su implementación.

Otras áreas de investigación podrían incluir la comparación de diferentes enfoques de IA en la enseñanza y el aprendizaje, así como la exploración de cómo la IA puede ser utilizada para fomentar la creatividad y el pensamiento crítico en los estudiantes.

Recomendaciones para Educadores y Responsables de Políticas

Formación Continua: Los educadores deben recibir capacitación continua sobre cómo integrar de manera efectiva la inteligencia artificial en sus prácticas educativas. Esto incluye cómo utilizar las plataformas basadas en IA para personalizar el aprendizaje y proporcionar retroalimentación significativa.

Diseño Curricular Innovador: Los educadores y los equipos de diseño curricular deben colaborar en la creación de planes de estudio que aprovechen las capacidades de la IA para mejorar la personalización del aprendizaje. Esto implica la incorporación de actividades y evaluaciones adaptadas a las necesidades individuales de los estudiantes.

Énfasis en Competencias del Siglo XXI: La inteligencia artificial puede liberar tiempo para que los educadores se concentren en la enseñanza de habilidades y competencias esenciales para el siglo XXI, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la comunicación efectiva.

Colaboración Interdisciplinaria: Los educadores de diferentes disciplinas deben colaborar para compartir mejores prácticas y enfoques efectivos para la

integración de la IA en la educación. La colaboración interdisciplinaria puede enriquecer las estrategias de enseñanza y promover una comprensión más amplia de las posibilidades de la IA en diferentes contextos académicos.

Marco Ético y Legal: Los responsables de políticas deben establecer marcos éticos y legales sólidos para guiar la recopilación y el uso de datos de los estudiantes en entornos basados en IA. Esto garantizará la privacidad y seguridad de la información personal y promoverá un entorno de confianza en la educación.

7. REFERENCIAS

- Anderson, J., Smith, R., & Johnson, L. (2020). The Impact of Artificial Intelligence on Higher Education. *Journal of Educational Technology*, 45(3), 321-336.
- García, M., Rodríguez, A., & Pérez, E. (2021). Enhancing Programming Education through AI-Powered Platforms. *Computers in Education*, 28(2), 245-260.
- Johnson, S., Brown, A., & Williams, L. (2019). Personalized Learning with AI: A Study of Student Perceptions. *Educational Technology Research*, 52(1), 67-82.
- Li, X. (2019). The Role of Artificial Intelligence in Higher Education. *International Journal of Educational Technology*, 47(4), 531-546.
- Robinson, K. (2022). Ethical Considerations in the Use of AI in Education. *Journal of Ethics in Education*, 36(1), 112-125.
- Smith, T., & Brown, E. (2018). AI-Enhanced Feedback in Programming Education. *Computers and Education*, 41(2), 215-230.
- Turner, J. (2020). Balancing AI and Human Interaction in Education. *International Journal of AI in Education*, 63(3), 367-382.
- Wang, H., & Chen, L. (2019). Transforming Programming Learning through AI: Challenges and Opportunities. *Journal of Computer Science Education*, 56(2), 187-202.

3

ARTÍCULO CIENTÍFICO

OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE BAGAZO CERVECERO MEDIANTE PROCESO DE SECADO POR AIRE CALIENTE

OBTAINING FLOUR FROM BREWER BAGASSE THROUGH
HOT AIR-DRYING PROCESS

Fecha de recepción: Diciembre 2023 | Fecha de aceptación: Abril 2024

Autores:

Ramírez Ruiz Erick¹

Flores Ferrano Jesús Rodrigo²

¹Docente. Carrera de Ingeniería de Alimentos. Facultad Ciencias y Tecnología, UAJMS.

²Estudiante. Carrera de Ingeniería de Alimentos. Facultad Ciencias y Tecnología, UAJMS.

Correspondencia de los autores: erickramirezruiz@yahoo.com.ar¹, floresferranoj@gmail.com²

Tarija - Bolivia

RESUMEN

El bagazo cervecero industrial o artesanal es el sub-producto o residuo más abundante en la elaboración de cerveza, la cual se origina después del proceso de malteado y maceración. El objetivo del presente trabajo de investigación es obtener harina a partir de bagazo cervecero mediante proceso de secado por aire caliente. Se empleó un enfoque positivista, la cual se caracteriza por ser objetiva o empírico-analítico.

Se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos a dos variedades de bagazo, proveniente de una cerveza negra (porter) y rubia (summer) obtenidos de la cervecería artesanal Macabra ubicado en la provincia cercado de la ciudad de Tarija. Porter contiene: humedad 71,30 %; ceniza 0,88 %; grasa 4,80 %; proteína 5,34 %; fibra 2,73 %; carbohidratos 14,95 % y valor energético 124,36 Kcal/100g y Summer: humedad 74,34 %; ceniza 0,82 %; grasa 1,50 %; proteína 6,44 %; fibra 3,29 %, carbohidratos 13,61 % y valor energético 93,65 Kcal/100g

Para tal efecto, para las pruebas experimentales se utilizó el bagazo "summer" por presentar mayor contenido proteico y para el proceso de secado se eligió las condiciones de la muestra (J08) (prensado a presión 120 kg/cm², temperatura 60 °C, velocidad del aire 5 m/s,) por que favorecen en la disminución del contenido de humedad en base seca 0,032 (g agua/g sólido seco) en función del tiempo 120 minutos. Además, se realizó ensayos de desodorización con bicarbonato de sodio, escaldado y enjuagado, optando por la muestra L03...

ABSTRACT

Industrial or artisanal brewers' bagasse is the most abundant by-product or residue in beer brewing, which originates after the malting and mashing process. The objective of this research work is to obtain flour from brewers' bagasse by means of a hot air drying process. A positivist approach was used, which is characterized by being objective or empirical-analytical.

Physicochemical and microbiological analyses were carried out on two varieties of bagasse from a black beer (porter) and a blonde beer (summer) obtained from the Macabra craft brewery located in the Cercado province of the city of Tarija. Porter contains: moisture 71.30 %; ash 0.88 %; fat 4.80 %; protein 5.34 %; fiber 2.73 %; carbohydrates 14.95 % and energy value 124.36 Kcal/100g and Summer: moisture 74.34 %; ash 0.82 %; fat 1.50 %; protein 6.44 %; fiber 3.29 %, carbohydrates 13.61 % and energy value 93.65 Kcal/100g.

For this purpose, the "summer" bagasse was used for the experimental tests because it has a higher protein content and for the drying process the conditions of the sample (J08) were chosen (pressing at pressure 120 kg/cm², temperature 60 °C, air speed 5 m/s,) because they favor a decrease in moisture content on a dry basis 0.032 (g water/g dry solid) as a function of the time 120 minutes. In addition, deodorization tests were carried out with sodium bicarbonate, blanching and rinsing, opting for sample L03 (rinsed three times) after sensory evaluation for the attributes color, appearance and aroma....

Palabras Clave: Obtención de harina a partir de bagazo cervecero mediante proceso de secado por aire caliente.

Keywords: Obtaining flour from brewer bagasse through hot air-drying process.

1. INTRODUCCIÓN

La cerveza en la actualidad es la bebida alcohólica más consumida en el mundo con una producción estimada de 1,34 billones de hectolitros al año (Buffington, 2014). En Latinoamérica la producción de cerveza es de 556,59 millones de hectolitros al año, siendo Brasil el principal productor con 138,5 millones de hectolitros y México 74,5 millones. (Petovel, 2016). En Bolivia la producción de cerveza es de 3,4 millones de hectolitros año, las plantas con mayor producción se ubican en los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. (Lizarazu 2015, Pág. 4). Además, existe microempresas a nivel artesanal en diferentes puntos del país, en la cual Tarija forma parte de este rubro. Elaborando cervezas con diferentes características que luego son comercializadas al mercado Tarijeño. La asociación de cerveceros artesanales en Tarija reúne a 12 cervecerías de producción local, entre ellas Barbosa, Macabra, Alquimia, Hops, Valkirya, Bière Landeau, Marquiri (Montaño, 2019).

La cebada es uno de los cereales más importantes después del trigo, el maíz y el arroz para producción de cerveza. La cual, se convierte en malta tras un proceso de germinación controlado, que sirve principalmente para aumentar el contenido enzimático del grano. El malteado se realiza en tres etapas: remojo, germinación y secado. Esta malta se introduce como materia prima en la elaboración de la cerveza donde sufre un proceso de maceración y luego filtrado quedando como subproducto el bagazo (Camacho & Grande, 2021).

Según (Pérez, 2020. Pág. 48) "El bagazo cervecero representa el 85% de residuo generado en la elaboración de cervecera y se genera en la etapa de filtración y separación del mosto". Así mismo, (Martínez, 2020. Pág. 9), menciona "por cada litro de cerveza se genera 600 g de bagazo cervecero ocasionando efectos en el medio ambiente y a la empresa por su rápida descomposición".

Gran parte del bagazo se destina para alimentar ganado y como abono en tierras de cultivo. Sin embargo, estudios han demostrado que el bagazo puede ser aprovechado en la alimentación humana debido a su contenido de fibra dietética y proteínas, lo que permite obtener sus beneficios nutricionales (Martínez, 2020).

Según el (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2019), se busca aprovechar este residuo, por su composición nutricional mediante investigaciones para dar a conocer características específicas que puedan ser consideradas en el planteamiento de productos alimenticios con un valor nutricional más alto, ya que en la actualidad la mal nutrición es una de las problemáticas de gran magnitud en todo el mundo, ya sea por la desnutrición, la obesidad, enfermedades no transmisibles o factores económicos ocasionan una mala alimentación.

2. MATERIA PRIMA Y MÉTODOS

Materia prima

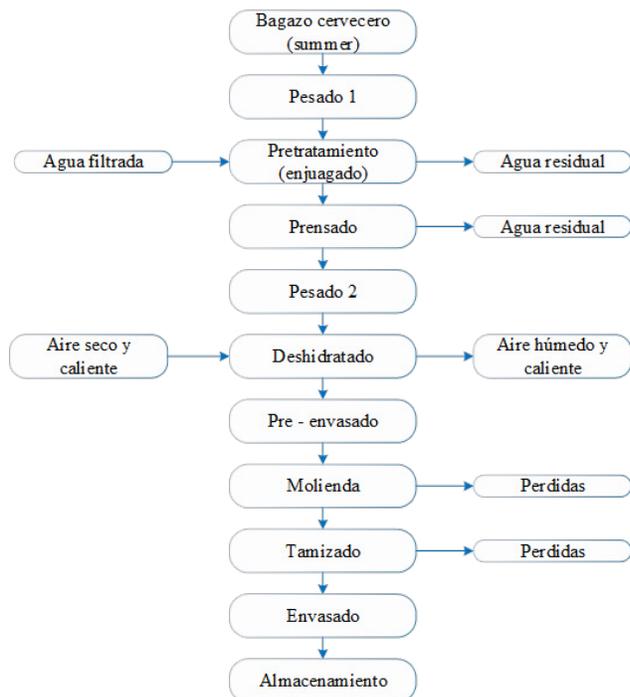
Se selecciono como materia prima la variedad bagazo cervecero tipo summer procedente de la cervecería artesanal Macabra ubicado en la provincia cercano del departamento de Tarija.

En el proceso de obtención de harina de bagazo cervecero., inicialmente, se enjuago el bagazo con agua por tres veces, luego se empleó una prensa hidráulica para el prensado y disminuir el agua, para el proceso de secado se utilizó un secador a bandejas, molino de martillos para reducir el tamaño de las partículas y tamizador vibratorio. Instrumentos de laboratorio como ser: termómetro (0-100) °C, anemómetro, termobalanza, jarra graduada, recipientes, tela quesera, etc.

Metodología experimental

En la (Figura 1), se describe el proceso experimental para la obtención de harina de bagazo cervecero mediante el proceso de secado por aire caliente.

Figura 1: Obtención de harina a partir de bagazo cervecero



Fuente: Elaboración propia

Bagazo cervecero tipo summer

Para llevar a cabo la parte experimental, se obtuvo bagazo cervecero de la empresa "Macabra", una cervecería artesanal ubicada en la provincia Cercado del departamento de Tarija. Se utilizó bagazo cervecero procedente de una cerveza rubia (summer).

Pesado 1

Se empleó una balanza digital para determinar la cantidad de bagazo que se someterá al enjuagado y posterior prensado.

Pretratamiento

En esta etapa, se aplicó una relación 1:1 de bagazo: agua para cada enjuague realizando un total de tres enjuagues a con la finalidad de reducir el aroma a fermento, componente que afecta en el producto final, de esta manera ayuda a mejorar la calidad de la harina de bagazo cervecero.

Prensado

En esta fase, se aplicó presión al bagazo cervecero mediante una prensa hidráulica por un período de 10 minutos. Esta acción permitió reducir el contenido de humedad y, en consecuencia, acelerar el proceso de secado con aire caliente.

Pesado 2

Para el segundo pesado, se empleó una balanza digital para determinar la cantidad de agua extraída del bagazo cervecero después del prensado.

Secado

El proceso de secado inicio con el encendido del secador de bandejas regulando las condiciones de trabajo por tiempo de 15 minutos: temperatura entre (60 – 70) °C, velocidad de aire entre (4,0 – 5,5) m/s. Una vez completados los ajustes necesarios del secador de bandejas, se procedió a colocar la bandeja milimétrica de dimensiones (35x35) cm, con 200,09 g de bagazo cervecero previamente prensado con un contenido de humedad en base seca 1,5 (g agua/ g sólido seco). Durante esta etapa, se realizó seguimiento periódico de la pérdida de masa cada 10 minutos, hasta pesada constante, obteniéndose 70,19 g de bagazo deshidrato con contenido de humedad en base seca 0,040 (g agua/ g sólido seco) en aproximadamente 120 minutos. (La Figura 2) muestra el proceso de secado de las muestras de bagazo cervecero.

Figura 2. Secado de las muestras de bagazo



Fuente: Elaboración propia

Preenvasado

Una vez completado el proceso de secado, se retiraron las bandejas que contenían las muestras de bagazo cervecero seco para que se enfriaran y exudarán a temperatura ambiente, entre (20-25) °C. Posteriormente, se procedió a colocar las muestras en bolsas de polipropileno de alta densidad para evitar cualquier contacto con la humedad ambiental.

Molienda

La etapa de molienda, se realiza en un molino de martillos con la finalidad de reducir el tamaño de las partículas del bagazo cervecero y homogenizar hasta alcanzar la granulometría menor 0,5 mm.

Tamizado

Se procedió a tamizar las muestras de harina por medio de un tamiz vibratorio de Ro-Tap. Para este proceso se utilizó tamiz con abertura de malla (0,5 mm) y plato recolector de muestra.

Envasado

Una vez completado el proceso de tamizado, las muestras de harina de bagazo cervecero fueron envasadas en bolsas de polipropileno de alta densidad con cierre hermético. Con el fin de proteger contra la humedad ambiental y cualquier agente externo que pudiera contaminar el producto.

Almacenamiento

El producto obtenido se almacena en condiciones de temperatura ambiente, con el fin de preservar las características y calidad de las muestras a lo largo del tiempo.

Metodología experimental

La metodología utilizada en el presente trabajo es:

Análisis fisicoquímico y microbiológico de la materia prima

En la (Figura 3), se muestran el análisis fisicoquímico

co, microbiológico y normas empleadas para determinar la composición de dos variedades de bagazo cervecero en función de su procedencia cerveza negra (porter) y rubia (summer).

Figura 3. Análisis fisicoquímico y microbiológico

| Análisis fisicoquímico | | | Análisis microbiológico |
|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Gravimetría | Calculo | Kjeldahl | Placa fluida |
| Calcincación en mufla | Cálculo indirecto | Digestión Destilado | Recuento de placa (UFC/g) |
| Ceniza (%) NB 39034:10 | Hidratos de carbono Calculo (%) | Valoración | Echerechia coli NB 32005:02 |
| Digestión Acido-Base | Cálculo indirecto | Proteína (%) NB/ISO 8968-1:08 | Mohos y levaduras NB 32006:03 |
| Fibra (%) NB 35004:2014 | Valor energético Calculo (Kcal/100g) | | Coliformes totales NB 32005:02 |
| Secado en estufa | | | Investigación P/A |
| Humedad (%) NB 313010:05 | | | Salmonella NB 32007:03 |
| Soxhlet | | | |
| Grasa (%) NB 313019:06 | | | |

■ Métodos
■ Técnicas

Fuente: Elaboración propia

Análisis fisicoquímico, microbiológico y de micronutrientes en la harina de bagazo

En la (Figura 4), se muestra el análisis fisicoquímico, microbiológico (Figura 5), micronutrientes y las normas que se utilizaron para el producto final.

Figura 4. Análisis fisicoquímico, microbiológico y micronutrientes

| Análisis fisicoquímico | | | Análisis microbiológico |
|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Gravimetría | Calculo | Kjeldahl | Placa fluida |
| Calcincación en mufla | Cálculo indirecto | Digestión Destilado | Recuento de placa (UFC/g) |
| Ceniza (%) NB 39034:10 | Hidratos de carbono Calculo (%) | Valoración | Echerechia coli NB 32005:02 |
| Digestión Acido-Base | Cálculo indirecto | Proteína (%) NB/ISO 8968-1:08 | Mohos y levaduras NB 32006:03 |
| Fibra (%) NB 35004:2014 | Valor energético Calculo (Kcal/100g) | | Coliformes totales NB 32005:02 |
| Secado en estufa | | | |
| Humedad (%) NB 313010:05 | | | |
| Soxhlet | | | |
| Grasa (%) NB 313019:06 | | | |

■ Métodos
■ Técnicas

| Micronutrientes | |
|-------------------|--------------------|
| Absorción atómica | Espectrofotometría |
| Calcio (mg/100g) | Fosforo (mg/100g) |

Fuente: Elaboración propia

Análisis sensorial

Se realizó el análisis sensorial (Figura 5) de las muestras de harina, donde se utilizó 20 jueces no entrenados con escala hedónica de cinco puntos, para los atributos color, apariencia y aroma; con la finalidad de seleccionar el pretratamiento en el proceso de secado del bagazo cervecero.

Figura 5. Análisis sensorial a las muestras de harina de bagazo

| Evaluación sensorial | Tratamientos | Códigos | Atributos | Test |
|----------------------|----------------------|-----------------|------------------------|----------------------|
| Prueba inicial | Sin prensar | J01-J02-J03-J04 | Color-Apariencia-Aroma | Evaluación subjetiva |
| | Aplicando prensado | J05-J06-J07-J08 | Color-Apariencia-Aroma | |
| Prueba preliminar | Bicarbonato de sodio | R01-R02-R03 | Color-Apariencia-Aroma | Test 1 (Anexo B) |
| | Escaldado | R04-R05-R06 | Color-Apariencia-Aroma | Test 2 (Anexo B) |
| | Enjuagado con agua | R07-R08-R09 | Color-Apariencia-Aroma | Test 3 (Anexo B) |
| Prueba ideal | Bicarbonato de sodio | L01 | Color-Apariencia-Aroma | Test 4 (Anexo B) |
| | Escaldado | L02 | Color-Apariencia-Aroma | |
| | Enjuagado con agua | L03 | Color-Apariencia-Aroma | |
| | Sin tratamiento | L04 | Color-Apariencia-Aroma | |
| Diseño experimental | Enjuagado con agua | BC8 | Color-Apariencia-Aroma | Muestra final |

Fuente: Elaboración propia

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de tres niveles 2^3 (Walpole et al., 2012) en el proceso de secado, realizando variación de los factores: temperatura (A), velocidad del aire (B) y prensado (C). Utilizando dos niveles de variación para cada factor (Tabla 1) teniendo como variable respuesta el contenido de humedad en base seca (g agua/g sólido seco).

Tabla 1. Diseño factorial en el proceso de secado

| Combinación de tratamientos | Variables | | | Interacciones | | | Variable respuesta | | |
|-----------------------------|-----------|---|---|---------------|----|----|--------------------|------------------|------------------|
| | A | B | C | AB | AC | BC | ABC | H _{BS} | H _{BS1} |
| (I) | - | - | - | + | + | + | - | H _{BS1} | H _{BS1} |
| a | + | - | - | - | - | + | + | H _{BS2} | H _{BS2} |
| b | - | + | - | - | + | - | + | H _{BS3} | H _{BS3} |
| c | + | + | - | + | - | - | - | H _{BS4} | H _{BS4} |
| ab | - | - | + | + | - | - | + | H _{BS5} | H _{BS5} |
| ac | + | - | + | - | + | - | - | H _{BS6} | H _{BS6} |
| bc | - | + | + | - | - | + | - | H _{BS7} | H _{BS7} |
| abc | + | + | + | + | + | + | + | H _{BS8} | H _{BS8} |

Fuente: Elaboración propia

3. RESULTADOS

En base a la propuesta metodológica, se procede a realizar la caracterización de los resultados obtenidos a nivel experimental.

Características fisicoquímicas y microbiológicas del bagazo cervecero tipo porter

En la (Tabla 2) se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y los microbiológicos (Tabla 3) realizados al bagazo cervecero tipo porter.

Tabla 2. Análisis fisicoquímico del bagazo porter

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|------------------|------------|-----------|
| Humedad | % | 71,30 |
| Ceniza | % | 0,88 |
| Grasa | % | 4,80 |
| Proteína | % | 5,34 |
| Fibra | % | 2,73 |
| Carbohidratos | % | 14,95 |
| Valor energético | Kcal/100 g | 124,36 |

Fuente: Elaboración propia

En la (Tabla 2), se observa que el bagazo tipo porter contiene: humedad 71,30 %; ceniza 0,88 %; grasa 4,80 %; proteína 5,34 %; fibra 2,73 %; carbohidratos 14,95 % y valor energético 124,36 Kcal/100g.

Tabla 3. Análisis microbiológicos del bagazo porter

| Microorganismos | Unidad | Resultado |
|--------------------|--------|-----------------------------|
| Coliformes totales | UFC/g | < 1,0 x 10 ¹ (*) |
| Escherichia coli | UFC/g | < 1,0 x 10 ¹ (*) |
| Mohos y levaduras | UFC/g | < 1,0 x 10 ¹ (*) |
| Salmonella | PA/25g | Ausencia |

Fuente: Elaboración propia

En la (Tabla 3) observamos que el bagazo porter presenta: Coliformes totales <1,0x10¹ UFC/g; Escherichia coli < 1,0x10¹ UFC/g; Mohos y levaduras <1,0x10¹ UFC/g; y Salmonella ausencia PA/25g. (*) no se observan desarrollo de colonias.

Características fisicoquímicas y microbiológicas del bagazo cervecero tipo summer

En la (Tabla 4) se muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y (Tabla 5) los microbiológicos realizados al bagazo cervecero tipo summer.

Tabla 4. Análisis fisicoquímico del bagazo summer

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|------------------|------------|-----------|
| Humedad | % | 74,34 |
| Ceniza | % | 0,82 |
| Grasa | % | 1,50 |
| Proteína | % | 6,44 |
| Fibra | % | 3,29 |
| Carbohidratos | % | 13,61 |
| Valor energético | Kcal/100 g | 93,65 |

Fuente: Elaboración propia

En la (Tabla 4) se observa que bagazo tipo summer presenta: humedad 74,34 %; ceniza 0,82 %; grasa 1,50 %; proteína 6,44 %; fibra 3,29 %, carbohidratos 13,61 % y valor energético 93,65 Kcal/100g

Tabla 5. Análisis microbiológico del bagazo summer

| Microorganismos | Unidad | Resultado |
|--------------------|--------|-------------------------|
| Coliformes totales | UFC/g | $1,3 \times 10^2$ |
| Escherichia coli | UFC/g | $< 1,0 \times 10^1$ (*) |
| Mohos y levaduras | UFC/g | $< 1,0 \times 10^1$ (*) |
| Salmonella | PA/25g | Ausencia |

Fuente: Elaboración propia

En la (Tabla 5), se observa que el bagazo summer presenta: Coliformes totales $1,3 \times 10^2$ UFC/g; Escherichia coli $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g; Mohos y levaduras $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g; y Salmonella ausencia PA/25g. (*) No se observan desarrollo de colonias.

En base al análisis fisicoquímico del contenido de proteínas, se tomó en cuenta el bagazo cervecero tipo summer por presentar mayor contenido de proteína 6,44%; en comparación con el bagazo cervecero tipo porter que presenta un valor menor de proteína 5,34%. En tal sentido, se tomó en cuenta el

bagazo cervecero tipo summer para el presente trabajo.

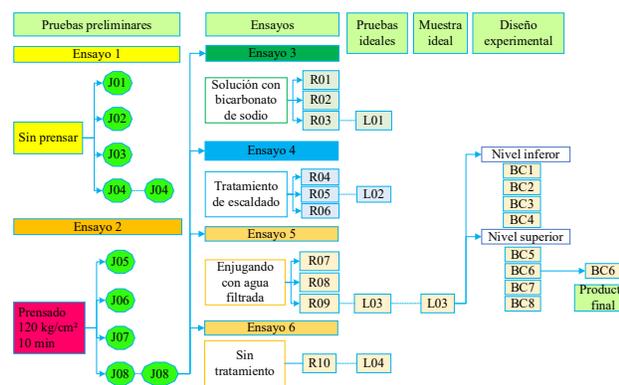
Caracterización de las variables

Para la caracterización de las variables del proceso para la obtención de harina a partir de bagazo cervecero, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

Pruebas preliminares de secado del bagazo cervecero summer

En la (Figura 6), se muestra el proceso de secado del bagazo cervecero summer. Para lo cual, se tomó en cuenta dos técnicas de secado (ensayo 1) sin prensar (Arcia et al, 2018) y (ensayo 2) aplicando prensado (Martínez, 2020) a fin de obtener una metodología de secado. En ambos ensayos se variaron la temperatura entre (50 – 60) °C y velocidad de aire entre (3 – 5) m/s. Posteriormente, se realizaron ensayos de desodorización al bagazo a fin de disminuir el aroma a fermento. Para tal efecto, se realizaron pretratamientos en solución de bicarbonato de sodio, escaldado y enjugando con agua filtrada.

Figura 6. Pruebas preliminares de secado del bagazo

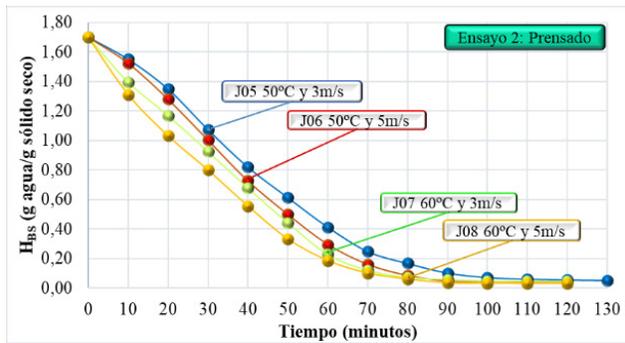


Fuente: Elaboración propia

En la (Figura 7) se observa que la muestra J08 que fue prensado previamente a presión (120 kg/cm²) por 10 minutos, temperatura (60 °C) y velocidad de aire (5 m/s), presenta menor contenido de humedad en base seca 0,032 (g agua/g sólido seco) para un tiempo de 120 minutos. De esta manera, que se eligió

el método (Martínez, 2020) para los otros ensayos de secado.

Figura 7. Curvas de secado aplicando prensado

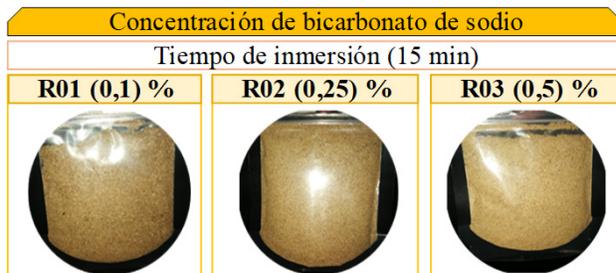


Fuente: Elaboración propia

Secado de bagazo cervecero con solución de bicarbonato de sodio para el (ensayo 3)

En la (Figura 8) se observa las muestras de harina de bagazo cervecero obtenidas del (ensayo 3) que fueron pretratadas en solución de bicarbonato de sodio al 0,1 % (R01), 0,25 % (R02) y 0,5 %, (R03), por un tiempo de inmersión de 15 minutos.

Figura 8. Harinas obtenidas en base al ensayo 3

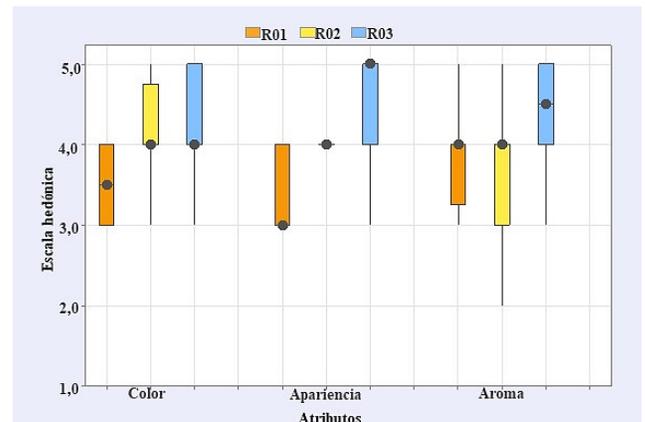


Fuente: Elaboración propia

Estadístico de caja y bigote para seleccionar la muestra ideal del (ensayo 3)

Se realizó la evaluación sensorial de las tres muestras de harina del ensayo 3 (R01, R02 y R03) para seleccionar la muestra ideal. En la (Figura 9) se observa el estadístico de caja y bigote en función de los atributos color apariencia y aroma.

Figura 9. Caja y bigote de las muestras de harina del ensayo 3



Fuente: Elaboración propia

En la (Figura 9), se muestran los resultados en función de la mediana para el atributo color R03 (4,0), apariencia R03 (5,0) y aroma R03 (4,5). Así mismo, se realizó el análisis estadístico de varianza donde se pudo evidenciar que existe diferencia para un nivel de significancia $\alpha=0,05$

Secado de bagazo cervecero con tratamiento de escaldado del (ensayo 4)

En la (Figura 10), se observa las muestras de harina de bagazo cervecero obtenidas del (ensayo 4) y secado con tratamiento escaldado en agua a temperaturas: R04 (60 °C), R05 (70 °C) y R06 (90 °C) con tiempo de inmersión de 10 minutos.

Figura 10. Harinas obtenidas en base al ensayo 4

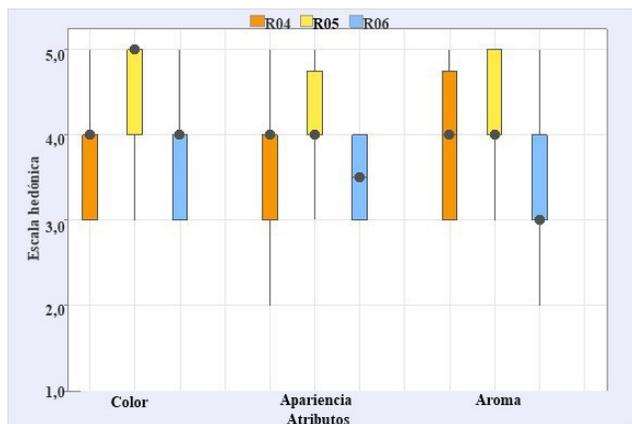


Fuente: Elaboración propia

Estadístico de caja y bigote para seleccionar la muestra ideal del (ensayo 4)

Se realizó evaluación sensorial a las tres muestras de harina del ensayo 4 (R04, R05 y R06) para seleccionar la muestra ideal. En la (Figura 11) se observa el estadístico de caja y bigote en función de los atributos color apariencia y aroma.

Figura 11. Caja y bigote de las muestras de harina del ensayo 4



Fuente: Elaboración propia

En la (Figura 11), se muestran los resultados en función de la mediana para el atributo color R05 (5,0), apariencia R05 (4,0) y aroma R05 (4,0). Así mismo se realizó el análisis estadístico de varianza donde se pudo evidenciar que existe diferencia para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

Secado de bagazo cervecero enjugando con agua filtrada del (ensayo 5)

En la (Figura 12) se observa las muestras de harina de bagazo cervecero obtenidas del (ensayo 5) donde se realizó un enjuague en la muestra (R07), dos enjuagues en (R08) y tres en la muestra (R09). Utilizando agua filtrada a temperatura ambiente (20 – 22) °C.

Figura 12. Harinas obtenidas en base al ensayo 5

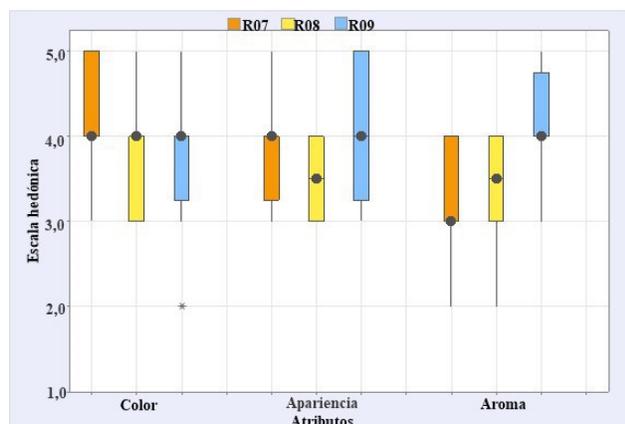


Fuente: Elaboración propia

Estadístico de caja y bigote para seleccionar la muestra ideal del (ensayo 5)

Se realizó la evaluación sensorial de las tres muestras de harina del ensayo 5 (R07, R08 y R09) para seleccionar la muestra ideal. En la (Figura 13) se observa el estadístico de caja y bigote en función de los atributos color apariencia y aroma.

Figura 13. Caja y bigote de las muestras de harina del ensayo 5



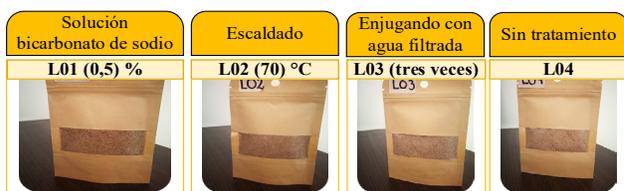
Fuente: Elaboración propia

Según la (Figura 13) muestra los resultados en función de la mediana para el atributo color R07 (4,0), apariencia R09 (4,0) y aroma R09 (4,0). Así mismo, se realizó el análisis estadístico de varianza donde se pudo evidenciar que existe diferencia para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

Secado de las muestras ideales y muestra sin tratamiento

Las muestras elegidas, fueron codificadas de la siguiente manera: L01 (solución bicarbonato de sodio al 0,5%), L02 (escaldado con agua a 70 °C), L03 (enjugando con agua filtrada) y L04 (sin tratamiento). En la Figura (14), se observa las harinas obtenidas con y sin tratamiento.

Figura 14. harinas obtenidas con y sin tratamiento de desodorizado

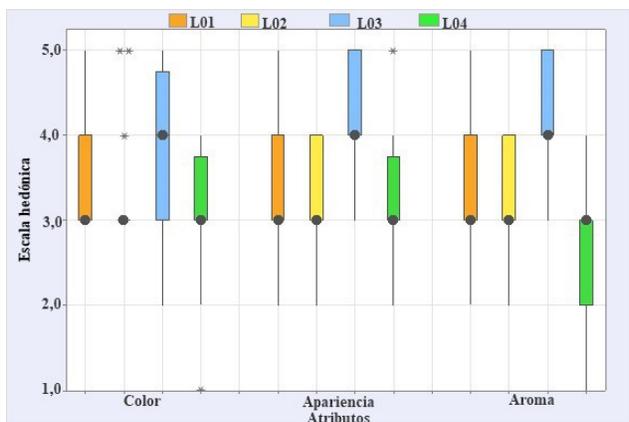


Fuente: Elaboración propia

Estadístico de caja y bigote de las harinas desodorizadas con y sin tratamiento

Se realizó evaluación sensorial a las cuatro muestras de harina de bagazo cervecero (L01, L02, L03 y L04) para los atributos; color, apariencia y aroma. En la (Figura 15) se observa el estadístico de caja y bigote en función de los atributos color apariencia y aroma.

Figura 15. Caja y bigote de las muestras desodorizadas de harina con y sin tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Según la Figura (15), se muestran los resultados en función de la mediana para el atributo color L03 (4,0), apariencia L03 (4,0) y aroma L03 (4,0). Así mismo, se realizó el análisis estadístico de varianza en donde se pudo evidenciar que existe diferencia para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

Según la evaluación sensorial realizado y el análisis estadístico de la prueba Tukey en las muestras (L01, L02, L03 y L04); se demuestra estadísticamente que la muestra L03 (enjugada con agua filtrada) obtuvo mayor preferencia por parte de los jueces en función al valor de sus medianas; color (4,0), apariencia (4,0) y aroma (4,0). Por lo tanto, se procedió a tomar en cuenta como pretratamiento previo al bagazo cervecero para la obtención de harina.

Diseño factorial 2³ en el proceso de secado del bagazo cervecero

El diseño factorial (Ramírez, 2023) utilizado en la parte experimental de 2³ fue con dos réplicas de cada factor en el proceso de secado en base a la muestra ideal (L03), donde se tomaron en cuenta tres variables: temperatura entre (55 - 65) °C, velocidad de aire entre (4 - 6) m/s y presión del prensado (120 - 140) kg/cm². Así mismo, se tomó en cuenta como variable respuesta al contenido de humedad en base seca (g agua/g sólido seco).

Tabla 6. Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de humedad en base seca

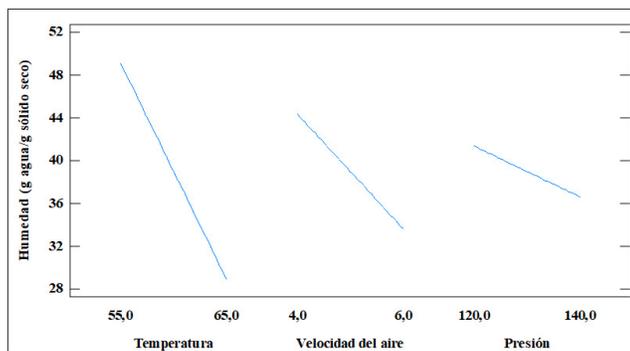
| Fuente de varianza (FV) | Suma de cuadrados (SC) | Grados de libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | Fcal | Ftab | Valor-p |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-------|-------|---------|
| A | 0,00164 | 1 | 0,00164 | 2,370 | 5,318 | 0,162 |
| B | 0,00046 | 1 | 0,00046 | 0,670 | 5,318 | 0,438 |
| C | 0,00009 | 1 | 0,00009 | 0,130 | 5,318 | 0,728 |
| AB | 0,00068 | 1 | 0,00068 | 0,980 | 5,318 | 0,352 |
| AC | 0,00000 | 1 | 0,00000 | 0,010 | 5,318 | 0,941 |
| BC | 0,00006 | 1 | 0,00006 | 0,090 | 5,318 | 0,769 |
| ABC | 0,00013 | 1 | 0,00013 | 0,190 | 5,318 | 0,674 |
| Error | 0,00554 | 8 | 0,00069 | - | - | - |
| Total | 0,00861 | 15 | - | - | - | - |

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza (Tabla 6), se puede observar que; el factor A (temperatura), factor B (velocidad del aire), factor C (presión) e interacciones AB (temperatura – velocidad del aire), AC (temperatura – presión), BC (velocidad del aire – presión) y la interacción de los factores ABC (temperatura – velocidad del aire – presión) no existe diferencia significativa ya que $F_{cal} < F_{tab}$, de tal manera, se acepta la hipótesis planteada para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la (Figura 16), se muestran los efectos principales para los factores: A (temperatura), B (velocidad del aire) y C (presión) con relación a la variable respuesta contenido de humedad en base seca (g agua/g sólido seco)

Figura 16. Efectos principales para el contenido de humedad en base seca



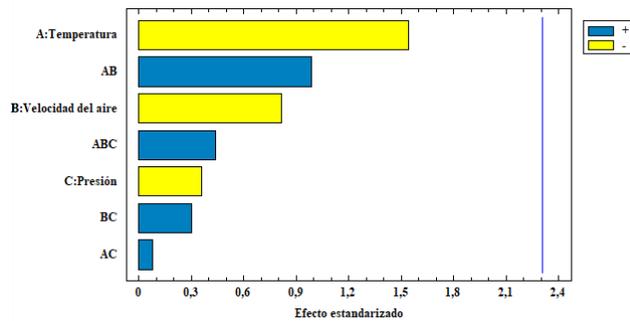
Fuente: Elaboración propia

Según la (Figura 16), se observa que el factor A (temperatura) entre valores (55,0 - 65,0) °C influye significativamente en el contenido de humedad en base seca cuando se encuentran en su nivel alto y bajo. Por otro lado, el factor B (velocidad del aire) entre valores (4,0 - 6,0) m/s y el factor C (presión) entre valores (120,0 - 140,0) kg/cm², no inciden significativamente en sus niveles alto y bajo; debido a que la variación del contenido de húmeda en base seca es mínima.

En la (Figura 17), se muestra el diagrama de Pareto estandarizado de los factores tomados en cuenta

para el diseño experimental. Para tal efecto, el nivel de significancia estadística determina el valor referencia de 2,306 y por lo tanto los factores no exceden la línea de referencia indicando que no son significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Figura 17. Diagrama de Pareto estandarizado para



Fuente: Elaboración propia

En la (Figura 17), se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde los factores A (temperatura), (B) velocidad del aire, C (presión) y las interacciones AB (temperatura – velocidad del aire), AC (temperatura – presión), ABC (temperatura - velocidad del aire - presión) y BC (velocidad del aire - presión); no son estadísticamente significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Optimización de la variable respuesta

Para la optimización de la variable respuesta, los datos fueron introducidos en el software "Statgraphics Centurión XVI". En la (tabla 7) se observa los resultados obtenidos.

Tabla 7. Valores óptimos para minimizar el contenido de humedad

| Factores | Bajo | Alto | Optimo |
|------------------------|------|------|--------|
| Temperatura (A) | 55 | 65 | 65 |
| Velocidad del aire (B) | 4 | 6 | 4 |
| Presión (C) | 120 | 140 | 140 |

Fuente: Elaboración propia

Según la (Tabla 7) observamos que los valores óptimos para minimizar el contenido de humedad en base seca del bagazo cervecero son: prensado a presión (140,0 kg/cm²) temperatura (65,0 °C), velocidad del aire (4,0 m/s) y, donde el valor óptimo del contenido de humedad en base seca es de 0,021 (g agua/g sólido seco) para tiempo de 120 minutos.

Cinética de secado para el proceso de secado del bagazo cervecero

Los datos obtenidos de la cinética de secado se muestran en la (Tabla 8), donde el proceso de secado se realizó en base a los valores óptimos; prensado a 140 kg/cm² (presión) durante 10 minutos, temperatura 65 °C y velocidad del aire 4,0 m/s, Los resultados experimentales fueron obtenidos mediante regresión lineal en Excel (2016). Para lo cual se tomó en cuenta los siguientes datos.

Datos:

- Cantidad de materia: 200,07 g
- Contenido de humedad: 62,96 %
- Masa de sólido seco: 74,11 g
- Tiempo de secado: 2,0 horas
- Área de bandeja 0,035 m²

Tabla 8. Variación del contenido de humedad y velocidad de secado del bagazo cervecero

| Tiempo (minutos) | Peso (g) | H _{BS} (g/g) | H _{BS} media (g/g) | ΔΘ (h) | ΔH _{BS} (g/g) | ΔH _{BS} /ΔΘ (g/g*h) | N(g/m ² h) |
|------------------|----------|-----------------------|-----------------------------|--------|------------------------|------------------------------|-----------------------|
| 0 | 200,07 | 1,700 | | | | | |
| 10 | 168,46 | 1,273 | 1,487 | 0,167 | 0,427 | 2,554 | 5,408 |
| 20 | 147,16 | 0,986 | 1,130 | 0,167 | 0,287 | 1,721 | 3,644 |
| 30 | 126,44 | 0,706 | 0,846 | 0,167 | 0,280 | 1,674 | 3,545 |
| 40 | 110,89 | 0,496 | 0,601 | 0,167 | 0,210 | 1,256 | 2,660 |
| 50 | 96,25 | 0,299 | 0,398 | 0,167 | 0,198 | 1,183 | 2,505 |
| 60 | 85,60 | 0,155 | 0,227 | 0,167 | 0,144 | 0,861 | 1,822 |
| 70 | 80,49 | 0,086 | 0,121 | 0,167 | 0,069 | 0,413 | 0,874 |
| 80 | 78,54 | 0,060 | 0,073 | 0,167 | 0,026 | 0,158 | 0,334 |
| 90 | 77,45 | 0,045 | 0,052 | 0,167 | 0,015 | 0,088 | 0,186 |
| 100 | 76,16 | 0,028 | 0,036 | 0,167 | 0,017 | 0,104 | 0,221 |
| 110 | 75,98 | 0,025 | 0,027 | 0,167 | 0,002 | 0,015 | 0,031 |
| 120 | 75,80 | 0,023 | 0,024 | 0,167 | 0,002 | 0,015 | 0,031 |

Fuente: Elaboración propia

Donde:

H_{BS} = Contenido de humedad en base seca (g agua/g sólido seco)

H_{BS} = Contenido de humedad media (g agua/g sólido seco)

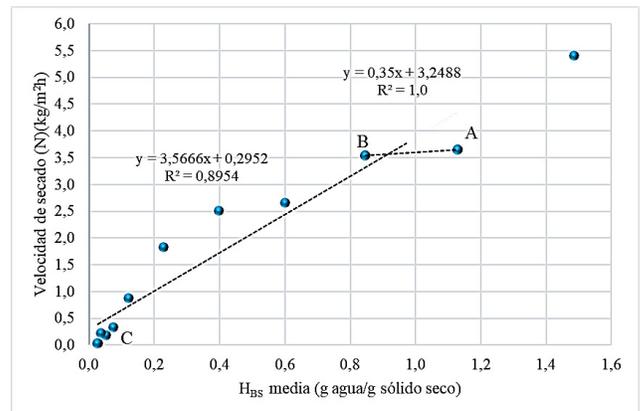
ΔH_{BS} = Gradiente de humedad en base seca (g agua/g sólido seco)

ΔH_{BS}/ΔΘ = Gradiente de humedad en base seca sobre el gradiente de tiempo (g agua/g sólido seco * h)

N = Velocidad de secado (g sólido seco/m² * h)

En la (Figura 18), se muestra la cinética del proceso de secado para la muestra de bagazo cervecero en función del contenido de humedad media en base a datos (Tabla 8).

Figura 18. Cinética del proceso de secado de la muestra de bagazo cervecero



Fuente: Elaboración propia

En la (Figura 18), se observa el comportamiento de humedad media en relación con la velocidad de secado, donde se puede concluir que existen dos tramos distintos:

El tramo (A – B) representa el periodo ante-crítico donde el contenido de humedad de las muestras de bagazo cervecero migra desde el interior hasta su superficie con una velocidad de secado constante

hasta alcanzar la humedad crítica, por lo tanto, la ecuación matemática con un coeficiente de regresión R^2 (1,0) se describe en la ecuación 4.1.

$$y = 0,35x + 3,2488 \quad \text{Ecuación 4.1}$$

En el tramo (B – C) representa el periodo post-crítico donde la velocidad de secado decrece hasta que el contenido de humedad de las muestras de bagazo alcanza el equilibrio, logrando un secado total en la superficie, por lo tanto, la ecuación matemática con un coeficiente de regresión R^2 (0,8954) se describe en la ecuación 4.2.

$$y = 3,5666x + 0,2952 \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Características fisicoquímicas, microbiológicas y de micronutrientes en la harina de bagazo

En la (Tabla 9), se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de bagazo cervecero, microbiológicos (Tabla 10) y (Tabla 11) de micronutrientes.

Tabla 9. Análisis fisicoquímico de la harina de bagazo cervecero

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|------------------|------------|-----------|
| Humedad | % | 3,81 |
| Ceniza | % | 1,27 |
| Grasa | % | 5,33 |
| Proteína | % | 20,10 |
| Fibra | % | 10,48 |
| Carbohidratos | % | 69,49 |
| Valor energético | Kcal/100 g | 406,33 |

Fuente: Elaboración propia

En la (Tabla 9) observamos que la harina de bagazo cervecero presenta: humedad 3,81 %; ceniza 1,27 %; grasa 5,33 %; proteína 20,10 %; fibra 10,48 %; carbohidratos 69,49 % y valor energético 406,33 kcal/100g.

Tabla 10. Análisis microbiológico de la harina de bagazo cervecero

| Microorganismos | Unidad | Resultado |
|--------------------|--------|-------------------------|
| Coliformes totales | UFC/g | $1,0 \times 10^2$ |
| Escherichia coli | UFC/g | $< 1,0 \times 10^2$ (*) |
| Mohos y levaduras | UFC/g | $4,0 \times 10^1$ |

Fuente: Elaboración propia

En la (Tabla 10), se observa que la harina de bagazo cervecero presenta: Coliformes totales $1,0 \times 10^2$ UFC/g; Escherichia coli $< 1,0 \times 10^2$ (*) UFC/g; Mohos y levaduras $4,0 \times 10^1$ UFC/g. (*) No se observa desarrollo de colonias.

Tabla 11. Análisis de micronutrientes de la harina de bagazo cervecero

| Micronutrientes | Unidad | Resultado |
|-----------------|---------|-----------|
| Calcio | mg/100g | 83,1 |
| Fosforo | mg/100g | 31,9 |

Fuente: Elaboración propia

En la (Tabla 11), se expresa el contenido de micronutrientes en la harina de bagazo cervecero: Calcio 83,1 mg/100g y fosforo 31,9 mg/100g.

Aplicación de la harina de bagazo cervecero

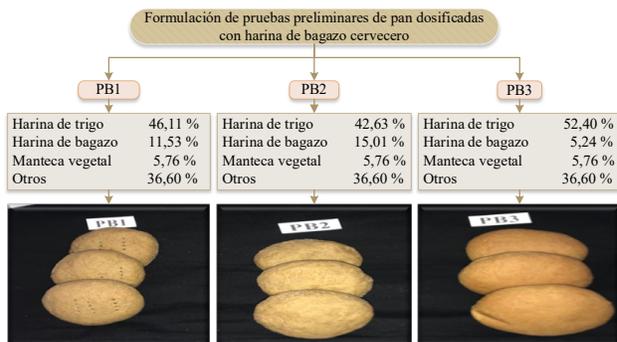
Para la aplicación de la harina de bagazo cervecero, se tomó en cuenta pruebas preliminares para la elaboración de pan tipo hamburguesa a base de harina de trigo

Pruebas preliminares para la elaboración de pan tipo hamburguesa incorporando harina de bagazo cervecero

Para la obtención de pan tipo hamburguesa, se realizaron tres pruebas preliminares sustituyendo parcialmente el porcentaje de harina de trigo. En la (Figura 19), se muestra el porcentaje de harina de bagazo incorporado.

- OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE BAGAZO CERVECERO MEDIANTE PROCESO DE SECADO POR AIRE CALIENTE

Figura 19. Porcentaje de harina de bagazo incorporado



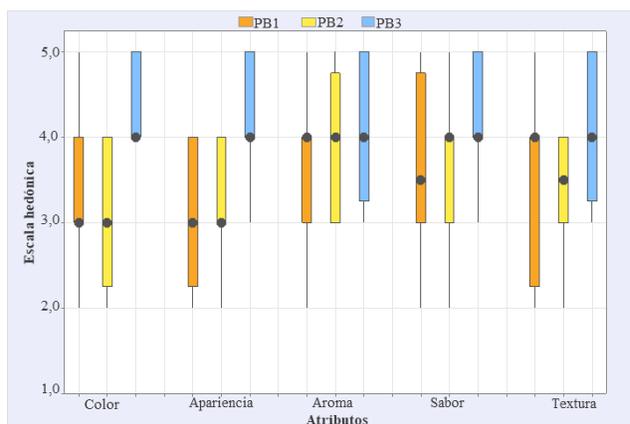
Fuente: Elaboración propia

En la (Figura 19), se observa que la muestra (PB1) presenta 11% de harina de bagazo, (PB2) 15% y (PB3) 5%. Las mismas, se llevaron a evaluación sensorial.

Estadístico de caja y bigote para pruebas preliminares para la elaboración de pan

Se realizaron con jueces no entrenados una evaluación sensorial de escala hedónica de cinco puntos valorando los atributos; color, aroma, sabor, textura y apariencia de las muestras (PB1, PB2 y PB3) con la finalidad de obtener la muestra ideal de pan dosificado con harina de bagazo. En la (Figura 20) se observa el estadístico de caja y bigote.

Figura 20. Caja y bigote de las muestras de pan con harina de bagazo



Fuente: Elaboración propia

En la (Figura 20), se observa el análisis estadístico de caja y bigote de las muestras (PB1, PB2 y PB3); donde

muestra estadísticamente que la muestra PB3 dosificado con (5,24 %) de harina de bagazo obtuvo mayor preferencia por parte de los jueces en función al valor de sus medianas; color (4,0), apariencia (4,0), aroma (4,0) sabor (4,0) y textura (4,0) y la prueba de Tukey que no existe diferencias significativas para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

Análisis fisicoquímico y de micronutrientes del pan con harina de bagazo

En la (Tabla 12), se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del pan con harina de bagazo cervecero, en la (Tabla 13) de micronutrientes.

Tabla 12. Análisis fisicoquímicos en el pan con harina de bagazo cervecero

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|------------------|------------|-----------|
| Humedad | % | 34,18 |
| Ceniza | % | 1,66 |
| Grasa | % | 9,70 |
| Proteína | % | 10,32 |
| Fibra | % | 1,88 |
| Carbohidratos | % | 44,14 |
| Valor energético | Kcal/100 g | 305,14 |

Fuente: Elaboración propia

En la (Tabla 12), observamos los valores fisicoquímicos del pan con harina de bagazo cervecero, donde el contenido de humedad 34,18 %; ceniza 1,66 %; grasa 9,70 %; proteína 0,32 %; fibra 1,88 %; carbohidratos 44,14 % y valor energético 305,14 kcal/100g.

Tabla 13. Análisis de micronutrientes del pan con harina de bagazo cervecero

| Microorganismos | Unidad | Resultado |
|-----------------|---------|-----------|
| Calcio | mg/100g | 55,4 |
| Fósforo | mg/100g | 148,0 |

Fuente: Elaboración propia

En la (Tabla 13), se observa el contenido de micronutrientes en el pan con harina de bagazo cervecero: calcio 55,4 mg/100g y fósforo 148,0 mg/100g.

4. DISCUSIÓN

Realizado el análisis fisicoquímico al bagazo cervecero tipo porter se tiene: humedad 71,30 %; ceniza 0,88 %; grasa 4,80 %; proteína 5,34 %; fibra 2,73 %; hidratos de carbono 14,95 % y valor energético 124,36 Kcal/100g.

Realizado los análisis microbiológicos del bagazo cervecero tipo porter presenta: Coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g (*); Escherichia coli $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g; Mohos y levaduras $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g; y Salmonella ausencia PA/25g.

Realizado el análisis fisicoquímico al bagazo cervecero tipo summer se tiene: humedad 74,34 %; ceniza 0,82 %; grasa 1,50 %; proteína 6,44 %; fibra 3,29 %, hidratos de carbono 13,61 % y valor energético 93,65 Kcal/100g.

Realizado los análisis microbiológicos del bagazo cervecero tipo summer se tiene: Coliformes totales $1,3 \times 10^2$ UFC/g; Escherichia coli $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g; Mohos y levaduras $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g; y Salmonella ausencia PA/25g.

Realizada las curvas de variación del contenido de humedad en función de los ensayos de secado del bagazo cervecero sin prensar (ensayo 1) y aplicando prensado (ensayo 2), se eligió la muestra J08 (prensado 120 kg/cm² por 10 minutos, temperatura 60 °C y velocidad de aire 5 m/s) por presentar menor contenido de humedad en base seca 0,032 (g agua/g sólido seco) para un tiempo de 120 minutos.

Realizado la evaluación sensorial para elegir el tipo de pretratamiento aplicado en muestras de bagazo cervecero, se pudo determinar que la muestra L03 (enjugada con agua filtrada) obtuvo mayor preferencia por parte de los jueces en los atributos color, apariencia y aroma.

Realizada las pruebas del diseño factorial 2³ para las muestras de bagazo con pretratamiento, la muestra BC8 (prensado 140 kg/cm², temperatura 65 °C y velocidad del aire 6 m/s) fue seleccionada ya que la variable respuesta contenido de humedad en base seca 0,011 (g agua/ g sólido seco).

En base a la variación de los factores: A temperatura entre valores (55,0 - 65,0) °C, B velocidad del aire (4,0 - 6,0) m/s) y el factor C presión (120,0 - 140,0) kg/cm². Se comprobó que las condiciones óptimas para minimizar el contenido de humedad en base seca son: temperatura (65,0 °C), velocidad del aire (4,0 m/s) y prensado a (140,0 kg/cm²).

Realizado el análisis fisicoquímico a la harina de bagazo cervecero se tiene: humedad 3,81 %; ceniza 1,27 %; grasa 5,33 %; proteína total (Nx6,25) 20,10 %; fibra 10,48 %; hidratos de carbono 69,49 % y valor energético 406,33 kcal/100g. Así mismo, en micronutrientes contiene: 83,1 mg/100g calcio y 31,9 mg/100g fósforo.

En base a los resultados microbiológicos de la harina de bagazo cervecero esta contiene: Coliformes totales $1,0 \times 10^2$ UFC/g; Escherichia coli $< 1,0 \times 10^2$ UFC/g; Mohos y levaduras $4,0 \times 10^1$ UFC/g.

Realizado las pruebas la aplicación de la harina de bagazo cervecero para la elaboración de pan mediante tres muestras (PB1, PB2 y PB3) y aplicado la evaluación sensorial, determino por la muestra PB3 que tiene (5,24 %) de harina de bagazo.

Realizado los análisis fisicoquímicos del pan con harina de bagazo cervecero contiene: humedad 34,18 %; ceniza 1,66 %; grasa 9,70 %; proteína 10,32 %; fibra 1,88 %; hidratos de carbono 44,14 % y valor energético 305,14 kcal/100g.

Realizado el análisis de micronutrientes en el pan con harina de bagazo cervecero se tiene: calcio 55,4 mg/100g y fósforo 148,0 mg/100g

5. BIBLIOGRAFÍA

- 🔖 Arcia, P., Curutchet, A., Pontet C., Prisco F., & Serantes, M. (2021). Bagazo cervecero como ingrediente funcional y su impacto en distintas categorías de alimentos. Obtenido de: <https://doi.org/10.26461/16.02>
- 🔖 Buffington, J. (2014). El potencial económico del grano gastado de cerveza (BSG) como materia prima de biomasa. Obtenido de: <https://doi.org/10.4236/aces.2014.43034>
- 🔖 Camacho, C. & Grande, C. (2021). Bagazo de malta (bsg): biorresiduo con potencial aplicación a nivel funcional, material y energético: Obtenido de: <http://doi.org/10.15665/rp.v19i1.2472>
- 🔖 CEANID (2023). Resultados fisicoquímicos y microbiológicos del Bagazo Cervecero Húmedo. Obtenido de: Centro de Análisis y Desarrollo
- 🔖 CEANID (2023). Resultados fisicoquímicos microbiológicos y micronutrientes de la Harina de Bagazo Cervecero. Obtenido de: Centro de Análisis y Desarrollo
- 🔖 CEANID (2023). Resultados fisicoquímicos y micronutrientes del pan tipo Hamburguesa dosificada con Harina de Bagazo Cervecero. Obtenido de: Centro de Análisis y Desarrollo
- 🔖 Hernández, A., Ramos, M., Placencia, B., Indacochea, B., Quimis, A. y Moreno, L. (2018). Metodología de la investigación científica. Alicante, España: Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L
- 🔖 Lizarazu, E., (2015). Estadísticas productividad agroindustria cerveza-Bolivia. Universidad mayor de San Simón Facultad Ciencias y Tecnología Obtenido de: <https://pdfcoffee.com/cerveza-bolivia-pdf-free.html#EDSONLIZARAZU>
- 🔖 Martínez, J. (2020). Producción de harina de bagazo a partir de un residuo de la industria cervecera. Obtenido de: <https://acortar.link/UXJVQN>
- 🔖 Ministerio de Agricultura y Pesca - Argentina. (2019). Bagazo de cerveza: un subproducto con múltiples aplicaciones. Obtenido de: <https://acortar.link/0Bt2xs>
- 🔖 Montañó, D. (2019). La moda de la cerveza artesanal se asienta en Tarija - EL PAIS. Obtenido de: <https://acortar.link/ndQ0tA>
- 🔖 Petovel, P. (2016). El top 8 de los mayores productores de cerveza de Latinoamérica. MERCA 2.0. Obtenido de: <https://www.merca20.com/top-8-los-productores-cerveza-latinoamerica/>
- 🔖 Perez, R. (2020). Industria cervecera artesanal en Quito y la transformación de bagazo de la cerveza en harina – Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui. Obtenido de: <https://doi.org/10.37431/conectividad.v2i1.21>
- 🔖 Ramirez, R. E. (2023). Diseño experimental aplicado en la Alimentos. Editorial Carrera de Ingeniería de alimentos. Facultad de Ciencias y Tecnología UAJMS.
- 🔖 Walpole, R. Myers, R., y Myers, S (2012). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Naucalpan de Juárez, Ciudad de México; Pearson

DIAGNÓSTICO DE CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE SUELOS DISTRITO 12 CIUDAD DE TARIJA

DIAGNOSIS OF GEOTECHNICAL CHARACTERISTICS
OF SOILS DISTRICT 12 CITY OF TARIJA".

Fecha de recepción: Diciembre 2023 | Fecha de aceptación: Abril 2024

Autores:

Soto Salgado Laura Karina¹

Baldiviezo Montalvo Trinidad Cinthia²

Benítez Reynoso Alberto³

Almendras Saravia Armando⁴

¹Ingeniera Civil, M.Sc., Docente e Investigadora del Departamento de Vías de Comunicación, UAJMS.

²Ingeniera Civil, M.Sc., Docente e Investigadora del Departamento de Vías de Comunicación, UAJMS.

³Ingeniero Civil, M.Sc., Ph.D., Dr. Sc. y Post Doctorado en Ingeniería. Docente e Investigador del Departamento de Estructuras y Ciencias de los Materiales., UAJMS.

⁴Ingeniero Civil, M.Sc., Docente e Investigador del Departamento de Estructuras y Ciencias de los Materiales, UAJMS.

Correspondencia de los autores: laraksosal@gmail.com¹, baldiviezomontalvot@gmail.com²,

albere3716@gmail.com³, almenbrasmito@gmail.com⁴

Tarija - Bolivia

RESUMEN

Las características geotécnicas de los suelos deben evaluarse para comprender el comportamiento de los suelos bajo una variedad de cargas y condiciones. Debido a la diversidad geológica y las actividades urbanas que se desarrollan en el Distrito 12 de la Ciudad de Tarija, se desarrolló esta investigación particularmente importante para esta zona. El diagnóstico detalla las características geotécnicas de los suelos del Distrito 12 basándose en un estudio completo realizado mediante técnicas de exploración y análisis geotécnico. Los resultados de este diagnóstico brindan una comprensión de las condiciones del suelo del Distrito 12, lo que permitirá a las autoridades locales, ingenieros a tomar decisiones informadas en cuanto al diseño y la planificación de infraestructuras, y la implementación de medidas de mitigación de riesgos geotécnicos. La magnitud de los límites de consistencia indica los minerales que se encuentran en las arcillas estudiadas, estos minerales son la caolinita y la illita.

ABSTRACT

The geotechnical characteristics of soils must be evaluated to understand the behavior of soils under a variety of loads and conditions. Due to the geological diversity and the urban activities taking place in District 12 of the City of Tarija, this research was developed that is particularly important for this area. The diagnosis details the geotechnical characteristics of the soils of District 12 based on a comprehensive study carried out by means of exploration techniques and geotechnical analysis. The results of this diagnostic provide an understanding of the soil conditions of District 12, which will enable local authorities, engineers to make informed decisions regarding infrastructure design and planning, and the implementation of geotechnical risk mitigation measures. The magnitude of the consistency limits indicates the minerals found in the studied clays, these minerals are kaolinite and illite.

Palabras Clave: Arcilla, Caracterización del suelo, Diagnostico.

Keywords: Clay, Soil characterization, Diagnosis.

1. INTRODUCCIÓN

Se debe entender la importancia de analizar el suelo en el que se quiere construir comenzando por un análisis geotécnico; geotecnia, ciencia que expone los conceptos de la mecánica de los suelos y las rocas, junto con sus aplicaciones (Geo Engineer, 2023); el estudio del suelo es el conjunto de acciones que permiten recopilar información sobre las características de un terreno específico (MTL geotecnia, 2022), estos estudios ayudan a establecer el tipo de cimentación apropiada para una determinada obra que se quiera construir y también cuáles son los valores de los asentamientos ideales para soportar la estructura (PyH construyendo soluciones, 2021), al igual que estos son importantes para implementar la gestión sostenible del suelo (FAO, 2023).

La Mecánica de Suelos necesita realizar ensayos experimentales en campo y en laboratorio; información usada para modelar a través del cálculo, es importante seguir las normas de los ensayos de laboratorio sobre las muestras inalteradas y alteradas, la interpretación de los resultados permite estimar con precisión los parámetros geotécnicos; y ayuda a predecir el comportamiento del suelo que requiere una modelización previa.

Los estudios de suelos permiten definir diferentes características físicas y mecánicas a tomar en cuenta como: la granulometría que es la medición y gradación de los granos que pertenecen a una muestra de suelo, como también la formación sedimentaria, entre otros parámetros (Upct, 2023), pero a menudo, se puede caracterizar el suelo por el porcentaje de partículas con ciertos rangos de diámetro (ChemSafetyPRO, 2016); los límites de Atterberg que se clasifican según el contenido de humedad como límite líquido, donde el suelo pasa del estado plástico a uno semilíquido, y límite plástico donde el suelo pasa de estado semisólido al plástico (González, 2022).

Las características geométricas como las dimensiones y la tipología de un determinado proyecto se

pueden determinar mediante estudios geotécnicos para asegurarse de que las cargas soportadas por las estructuras de contención o las cimentaciones no pongan en peligro la obra estructural o generen situaciones de inestabilidad del terreno o de las estructuras.

Un diagnóstico de las características geotécnicas permite un archivo informático y una posterior gestión de las investigaciones realizadas en un entorno geográfico específico llamado terreno, como la ciudad de Tarija; la disponibilidad de un banco de datos suficientemente amplio y confiable de datos en el cual la muestra es representativa y que esta sea disponible para la sociedad y las instituciones públicas.

Normativa vigente, la ABIG (Asociación Boliviana de Ingeniería Geotécnica) fundamentada en la Ley 1149 "Ley de Municipalidades", de carácter público y de uso obligatorio, señala el contenido mínimo de un estudio geotécnico, que deberá constar de una memoria explicativa ordenada en capítulos señalando planos, gráficos, croquis, perfiles y formularios conteniendo los resultados de los ensayos de laboratorio, estos últimos firmados por el laboratorista que ejecutó los ensayos, con su respectivo número de registro de H.A.M.

2. MÉTODOS

La zona de estudio, imagen 1. muestra el distrito 12 de la ciudad de Tarija de la provincia Cercado, comprendido por los barrios de: San Blas, Miraflores, German Buch, San Martín y Aranjuez. Se identificaron puntos de sondeo, la ubicación de los puntos se muestra a continuación.

Para la distribución de los pozos se realizó una triangulación para evitar la concentración de pozos en un lugar o la falencia de los mismos en otros sectores, abarcando así toda la extensión de la zona de estudio. El área de estudio tiene una extensión de 455.7 Ha.

Imagen 1. Ubicación puntos de muestreo Distrito 12



Fuente: Elaboración propia

El diagnóstico de las características geotécnicas del distrito 12 de la ciudad de Tarija, comienza con una exploración del área de estudio, la imagen 2 muestra los lugares de extracción de las muestras.

Imagen 2. Exploración Preliminar de la Zona



Fuente: Elaboración propia

Los sondeos se realizaron de acuerdo con la Norma Boliviana para Estudios Geológicos - Geotécnicos de la Asociación Boliviana de Ingeniería Geotécnica (ABIG).

Esta normativa se encuentra detallada en el apartado "Metodología de Elaboración de Estudios Geotécnicos", la cual indica que para una superficie de

30000 m² en adelante se deben considerar 20 pozos. Para este estudio se realizaron 30 muestras a 1m, 2m y 3m, haciendo un total de 90 muestras de suelo.

Se empleó la técnica de prospección geotécnica a través de la perforación de pozos, los cuales fueron excavados con maquinaria pesada (retroexcavadora) a cielo abierto, la imagen 3 muestra la extracción a diferentes profundidades

Los materiales utilizados para la extracción de las muestras fue el siguiente: Retroexcavadora mixta, Pala, pico, lona, bolsas.

Se extrajo muestras alteradas e inalteradas, se coloca en una bolsa con su etiqueta de identificación para posteriormente llevarlo a laboratorio.

Imagen 3. Extracción de Suelo en las Zonas de Muestreo



Fuente: Elaboración propia

Con las muestras obtenidas de la extracción, se llevó a cabo los ensayos de caracterización del suelo, ensayos detallados en la tabla 1; caracterización que se llevó a cabo en el laboratorio de suelos de la facultad de Ciencias y Tecnología de la UAJMS, los mismos que a continuación se los presenta en una tabla 1.

Tabla 1. Ensayos de laboratorio

| Ensayos | Norma |
|---|---------------|
| Contenido de humedad | ASTM D-2216 |
| Gravedad específica | ASTM D-854 |
| Análisis Granulométrico por tamizado | ASTM D-136 |
| Análisis Granulométrico por hidrómetro | ASTM D-522 |
| Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad | ASTM D-4318 |
| Clasificación de Suelos | SUCS y AASHTO |

Fuente: Elaboración propia

3. RESULTADOS

A continuación, se muestra los mapas de clasificación y zonificación geotécnica identificados en el Distrito 12 de la ciudad de Tarija, a 1m, 2m y 3m de profundidad respectivamente.

Mediante los resultados obtenidos del estudio de la Mecánica de Suelos, se delimitó el área del distrito por tipos de suelo, identificándolas por zonas y describiendo sus características, para luego realizar, utilizando las herramientas geoestadísticas de la Plataforma SIG, la generación de polígonos, donde se muestran los tipos de suelos y así obtener una zonificación geotécnica del área en estudio.

En las siguientes tablas se muestra el análisis estadístico, donde se analizaron los siguientes parámetros que se resumen a continuación:

n = Tamaño de la muestra;

\bar{x} = Media aritmética;

S = Desviación típica;

COV = Coeficiente de variación;

Mín = Valor mínimo de la muestra;

Máx = Valor máximo de la muestra,

Cs = sesgo;

k = Coeficiente de curtosis;

El objetivo de este análisis es comprender la distribución de las muestras extraídas para cada pozo y para cada profundidad, identificar tendencias y obtener información significativa sobre la compresibilidad de las muestras analizadas.

Tabla 2. Resumen Estadístico (1m)

| | % Limo | % Arcilla | w | G _s | IP | LL | LP | T10 | T40 | T200 |
|----------------|--------|-----------|-------|----------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| n | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 |
| \bar{x} | 52,27 | 16,32 | 9,35 | 2,66 | 9,47 | 31,25 | 21,69 | 88,28 | 71,77 | 84,39 |
| S | 28,03 | 10,60 | 3,68 | 0,10 | 7,30 | 12,30 | 9,40 | 26,76 | 30,63 | 29,17 |
| COV | 0,54 | 0,65 | 0,39 | 0,04 | 0,77 | 0,39 | 0,43 | 0,30 | 0,43 | 0,35 |
| Mín | 0,00 | 0,00 | 3,91 | 2,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 21,48 | 4,22 | 8,00 |
| Máx | 84,33 | 36,90 | 17,70 | 2,77 | 28,00 | 56,63 | 49,71 | 100,00 | 99,60 | 99,96 |
| Rango | 84,33 | 36,90 | 13,79 | 0,47 | 28,00 | 56,63 | 49,71 | 78,52 | 95,38 | 91,96 |
| C _s | -2,66 | -0,43 | 1,27 | -6,44 | 2,55 | -1,24 | 0,57 | -4,33 | -2,68 | -4,21 |
| k | 0,00 | -0,72 | -0,43 | 9,86 | 0,83 | 1,77 | 3,20 | 2,20 | 0,01 | 2,09 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Resumen Estadístico (2m)

| | % Limo | % Arcilla | w | G _s | IP | LL | LP | T10 | T40 | T200 |
|----------------|--------|-----------|--------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| n | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| \bar{x} | 9,95 | 2,70 | 67,89 | 62,37 | 54,04 | 29,61 | 13,22 | 28,75 | 17,56 | 11,60 |
| S | 4,76 | 0,04 | 35,39 | 38,16 | 37,03 | 32,42 | 14,91 | 14,22 | 7,88 | 8,28 |
| COV | 0,48 | 0,02 | 0,52 | 0,61 | 0,69 | 1,09 | 1,13 | 0,49 | 0,45 | 0,71 |
| Mín | 2,26 | 2,64 | 20,01 | 6,41 | 2,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Máx | 17,72 | 2,80 | 100,00 | 99,93 | 99,08 | 72,84 | 39,62 | 53,61 | 28,73 | 36,00 |
| Rango | 15,46 | 0,16 | 79,99 | 93,52 | 96,85 | 72,84 | 39,62 | 53,61 | 28,73 | 36,00 |
| C _s | 0,50 | 1,39 | -0,50 | -0,43 | 0,11 | 0,41 | 0,83 | -1,46 | -2,89 | 2,34 |
| k | -1,37 | -0,63 | -2,22 | -2,18 | -2,10 | -2,29 | -1,85 | 0,51 | 1,48 | 1,87 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Resumen Estadístico (3m)

| | % Limo | % Arcilla | w | G _s | IP | LL | LP | T10 | T40 | T200 |
|----------------|--------|-----------|--------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| n | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| \bar{x} | 10,42 | 2,69 | 61,10 | 55,28 | 49,31 | 26,04 | 11,10 | 28,64 | 17,27 | 11,40 |
| S | 5,66 | 0,04 | 35,17 | 38,01 | 37,13 | 32,59 | 14,36 | 12,65 | 6,72 | 6,73 |
| COV | 0,54 | 0,01 | 0,58 | 0,69 | 0,75 | 1,25 | 1,29 | 0,44 | 0,39 | 0,59 |
| Mín | 3,15 | 2,65 | 18,88 | 5,54 | 1,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Máx | 27,59 | 2,78 | 100,00 | 99,89 | 99,02 | 72,39 | 40,40 | 53,59 | 26,23 | 28,00 |
| Rango | 24,44 | 0,13 | 81,12 | 94,35 | 97,78 | 72,39 | 40,40 | 53,59 | 26,23 | 28,00 |
| C _s | 2,49 | 1,77 | 0,41 | 0,48 | 0,72 | 1,03 | 1,51 | -1,47 | -3,50 | 1,16 |
| k | 1,52 | -0,68 | -2,21 | -2,15 | -1,99 | -2,10 | -1,44 | 1,29 | 2,94 | 0,52 |

Fuente: Elaboración propia

Las tablas 2, 3 y 4 respectivamente muestran el resumen estadístico para cada una de las variables seleccionadas; incluye medidas de tendencia central, de variabilidad, y de forma. De particular interés aquí es el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden usarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal.

Las tablas detallan los resultados de las muestras que se extrajeron a las 3 profundidades; estas características son: La composición del suelo, % de limo, % de arcilla, contenido de humedad (w), gravedad específica (Gs), índice de plasticidad (IP), límite líquido (LL), límite plástico (LP), % que pasa el tamiz N°10 (T10), % que pasa el tamiz N°40 (T40), % que pasa el tamiz N°200 (T200), los cuales muestran las propiedades físicas de los suelos en el distrito 12 en sus cinco barrios pertenecientes al Valle Central de Tarija (VCT).

4. DISCUSIÓN

Al concluir la investigación, se puede deducir que la meteorización física y química de las rocas de la superficie terrestre es el principal proceso de formación de sedimentos. Las partículas de arcilla, limo, arena y grava que se encuentran en esta zona se originaron principalmente de la meteorización física de la roca, mientras que las partículas de arcilla se formaron por procesos de descomposición química; la generación de partículas arcillosas a partir de las rocas ocurrió a partir de la descomposición química de otros minerales.

Los sedimentos fueron transportados a través del agua, lo cual modificó la forma, tamaño y textura de las partículas mediante procesos como la abrasión, desgaste, impacto y disolución. Posteriormente, se produjo una clasificación de estas partículas, dando lugar a los suelos granulares como limos y arcillas.

Las características físicas obtenidas nos permitieron dividir el área de estudio en diferentes zonas:

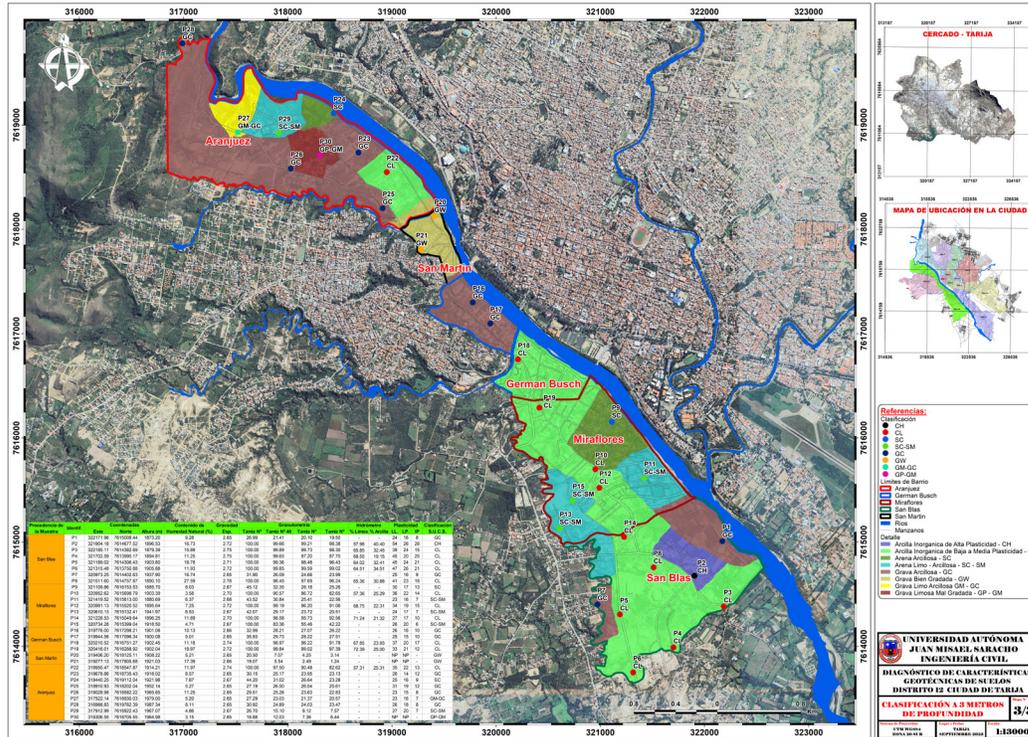
Profundidad de 1 m: Zona 1.1 CL, Zona 1.2 ML, Zona 1.3 MH, Zona 1.4 CL-ML, Zona 1.5 SP – SM, Zona 1.6 GW, Zona 1.7 GC, Zona 1.8 SC-SM, Zona 1.9 GC-GM; generando 9 zonas para esa profundidad.

Profundidad de 2 m: Zona 2.1 GC, Zona 2.2 CH, Zona 2.3 CL, Zona 2.4 ML, Zona 2.5 SM, Zona 2.6 SC, Zona 2.7 SC-SM, Zona 2.8 GW, Zona 2.9 SP-SC, Zona 2.10 GP-GM; generando 10 zonas para esa profundidad de análisis.

Profundidad de 3 m: Zona 3.1 GC, Zona 3.2 CH, Zona 3.3 CL, Zona 3.4 SC, Zona 3.5 SC-SM, Zona 3.6 GW, Zona 3.7 GC-GM, Zona 3.8 GP-GM; generando 8 zonas para esa profundidad de análisis.

Se logró el objetivo general de realizar la zonificación geotécnica como muestra la imagen 4, que a partir de la clasificación de suelos y mediante el uso de herramientas geoestadísticas de la Plataforma SIG, se procedió con la delimitación de las mismas.

Imagen 6. Extracción de Suelo en las Zonas de Muestreo 3 metro



Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES

- Uno de los aportes de este trabajo es la implementación de una base de datos geotécnicos, para el Distrito 12 de la ciudad de Tarifa, con la exploración de 30 pozos a la profundidad de 1 m, 30 pozos a la profundidad de 2 m y 30 pozos a la profundidad de 3 m.
- Se logró el objetivo general de realizar la zonificación geotécnica a partir de la clasificación de suelos y mediante el uso de herramientas geoestadísticas de la Plataforma SIG, se procedió con la delimitación de las mismas.
- Los ingenieros pueden utilizar esta información geotécnica para estimar el comportamiento de una zona y prever problemas geotécnicos, misma que son de gran utilidad a la hora de proyectar y diseñar obras civiles.

- Un diagnóstico de las características geotécnicas no se realiza para evitar estudios de suelos; más bien, se realiza para determinar qué tipo de análisis geotécnico que se debe realizar, por lo tanto, la propuesta no es definitiva y necesariamente debe complementarse.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Administradora Boliviana de Carreteras. (2008). VOLUMEN 4. ENSAYOS DE SUELOS Y MATERIALES. La Paz: APIA XXI Ingenieros y Arquitectos Consultores.
- Alfaro A., R. (2021). Caracterización geotécnica de suelos mediante ensayos de laboratorio. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Bowles, J. E. (1981). Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Mexico: McGRAW HILL.
- Braja M., D. (2015). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Mexico: Cengage Learning.

- ChemSafetyPRO, (13 de enero del 2016), "Granulometry", recuperado de: Granulometry (chemsafetypro.com).
- Devore, J.L. (2008). Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. México: Cengage Learning Editores.
- FAO, (2023), "Laboratory techniques", recuperado de: Sampling and laboratory techniques | FAO
- Geo Engineer, (12 de abril del 2023), ¿"What is Geotechnical Engineering?", recuperado de: What is Geotechnical Engineering? | Geoengineer.org
- Lambe, W. (2012). Mecánica de Suelos. México, D.F.: Limusa.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). Manual de Ensayo de Laboratorio. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Morilla, A. I. (2012). Interpretación de ensayos geotécnicos en suelos. España: Garceta.
- MTL Geotecnia, (octubre del 2022), "Estudio de suelos", recuperado de: <https://mtlgeotecnia-sac.com/blog/estudio-de-suelos/>.
- Muchik Corp. (9 de Abril de 2015). Geotecnia e Ingeniería. Obtenido de <http://muchik.com/que-es-la-geotecnia/#:~:text=Es%20la%20rama%20de%20la>.
- Murthy S. (2002) Geotechnical engineering principles and practices of soil mechanics and foundation engineering. New Delhi : Chaitany graphics, pág. 1029.
- Norma de la Asociación Boliviana de Ingeniería geotécnica (ABIG) 2007.
- Universidad Politécnica de Cartagena, (2023), "granulometría", recuperado de: <https://www.upct.es/sait/es/reologia-ygranulometria/>.
- Terzaghi & R.B. Peck. Ed. El Ateneo. (1995). Mecánica de Suelos en la Ingeniería.
- Villalaz, C. C. (2017). MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES. México: Limusa.
- Walpole, R.E. et al (2012). Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. México: Pearson Educación.

INVENTARIO DE PRESAS EN EL VALLE CENTRAL DE TARIJA - BOLIVIA - AÑO 2022

DAM INVENTORY IN THE CENTRAL VALLEY OF
TARIJA - BOLIVIA - YEAR 2022

Fecha de recepción: Diciembre 2023 | Fecha de aceptación: Abril 2024

Autor:

Colodro Mendivil Ivar Fernando¹

¹Director Obras Hidráulicas y Sanitaria – Carrera de Ingeniería Civil
Facultad de Ciencias y Tecnología, UAJMS.

Correspondencia del autor: ivarcolodro59gmail.com¹

Tarija - Bolivia

RESUMEN

Las presas son de interés público para el bienestar de la sociedad; el departamento de Tarija cuenta con una topografía montañosa, la demanda social de acceso al agua, y las necesidades de adaptación al cambio climático presentan grandes desafíos.

El Viceministerio de recursos hídricos y riego, elaboró en 2010 un inventario de presas en Bolivia, mismo que carece de errores y de información para el departamento de Tarija, actualmente existen más de dos centenares de presas (200) construidas con diferente finalidad.

Tarija, no cuenta con un inventario de las presas existentes a nivel institucional, en los últimos años se han incrementado los estudios y las construcciones en las diferentes regiones, la información sobre sus características, la cantidad y uso del agua almacenada, las cuencas tributarias y otros aspectos inherentes, no son de acceso público.

El estudio del Valle Central de Tarija, considera la mayor cantidad de presas existentes del Departamento de Tarija; el estudio, tomó criterios de la normativa internacional ICOLD y SPANCOLD, para el Inventario de Presas en Bolivia 2010.

El número total de presas existentes en el Valle Central de Tarija, es de 51 presas, con altura mayor a 10 m., construidas entre los años 2000 - 2017, el 74% son presas de tierra, para uso de riego y volumen de almacenamiento aproximado de 83 Hm³, lo cual se relaciona con los ingresos económicos recibidos por concepto de regalías petroleras y que fueron financiadas por el gobierno central, la gobernación y las alcaldías mediante proyectos concurrentes.

ABSTRACT

Dams are of public interest for the welfare of society; the department of Tarija has a mountainous topography, the social demand for access to water, and the needs of adaptation to climate change present great challenges.

The Vice-Ministry of Water Resources and Irrigation prepared in 2010 an inventory of dams in Bolivia, which lacks errors and information for the department of Tarija, currently there are more than two hundred dams (200) built for different purposes.

Tarija does not have an inventory of existing dams at the institutional level, in recent years have increased studies and construction in different regions, information on their characteristics, the amount and use of stored water, tributary basins and other inherent aspects, are not publicly accessible.

The study of the Central Valley of Tarija, considers the largest number of existing dams in the Department of Tarija; the study, took criteria from the international standards ICOLD and SPANCOLD, for the Inventory of Dams in Bolivia 2010.

The total number of existing dams in the Central Valley of Tarija, is 51 dams, with a height greater than 10 m., built between the years 2000 - 2017, 74% are earth dams, for irrigation use and storage volume of approximately 83 Hm³, which is related to the economic income received from oil royalties and which were financed by the central government, the governor's office and the municipalities through concurrent projects.

Palabras Clave: Presa, depresiones topográficas, para retener y almacenar agua, formando un embalse.

Keywords: Dam, topographic depressions, to retain and store water, forming a reservoir.

1. INTRODUCCIÓN

La demanda de agua aumenta constantemente en todo el mundo, no hay vida en la tierra sin agua, nuestro recurso más importante además del aire y la tierra. Durante los últimos tres siglos, la cantidad de agua extraída de los recursos de agua dulce ha aumentado en un factor de 35, la población mundial en un factor de 8. Con la población mundial actual de 5.600 millones que sigue creciendo a una tasa de alrededor de 90 millones por año, y con sus expectativas legítimas de niveles de vida más altos, se espera que la demanda mundial de agua aumente en un 2-3 por ciento más al año en las próximas décadas (ICOLD, 2019, Las Presas y el agua en el Mundo).

Pero los recursos de agua dulce son limitados y están distribuidos de manera desigual. En los países de alto consumo con abundantes recursos y una infraestructura técnica muy desarrollada, las muchas formas de conservar, reciclar y reutilizar el agua pueden ser más o menos suficientes para frenar un mayor crecimiento de la oferta. En muchas otras regiones, sin embargo, la disponibilidad de agua es fundamental para cualquier desarrollo adicional por encima del actual nivel insatisfactorio bajo, e incluso para la mera supervivencia de las comunidades existentes o para satisfacer la demanda en continuo crecimiento originada por el rápido aumento de su población. En estas regiones, el hombre no puede renunciar a la contribución de las presas y embalses al aprovechamiento de los recursos hídricos.

Las variaciones estacionales y las irregularidades climáticas en el caudal impiden el uso eficiente de la escorrentía fluvial, provocando inundaciones y sequías problemas de proporciones catastróficas. Durante casi 5000 años las represas han servido para asegurar un suministro adecuado de agua almacenando agua en tiempos de excedente y liberándola en tiempos de escasez, previniendo o mitigando así también las inundaciones (Ministerio Medio Ambiente y Agua, 2020).

Con su actual capacidad de almacenamiento total de alrededor de 6.000 km³, las presas claramente hacen una contribución significativa a la gestión eficiente de recursos hídricos (Thomas Heindrichs, Coordinador PROAGRO, 2010).

1.1. Objetivo General

Disponer de la inventariación técnica de las presas construidas en el Valle Central de Tarija del Departamento de Tarija.

1.2. Objetivos Específicos

1. Conocer el marco normativo y técnico a nivel internacional y nacional sobre la ingeniería de presas
2. Recopilar información de las características técnicas de las presas a nivel mundial (inventario)
3. Recopilar información referente a la inventariación de las presas en Bolivia
4. Disponer de información técnica confiable y verificada (inventario) de las características técnicas de las presas en el Valle Central de Tarija.
5. Procesar y clasificar la información de manera gráfica y analítica como base de datos para futuras investigaciones sobre el tema.

2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

La metodología fue establecida en dos fases que son:

- Recopilación de la Información
- Análisis, categorización y sistematización de la Información

Primera Fase:

2.1. Recopilación de Información

Se procedió a recopilar la información de todas las instituciones públicas y privadas.

2.2. Elaboración de Fichas descriptivas para cada Presa

El estudio estableció una ficha descriptiva con los datos más importantes a recabar; tomándose en cuenta los siguientes módulos:

- a. Identificación del Nombre
- b. Ubicación de la Presa
- c. Datos del Embalse
- d. Datos de la presa

Asimismo, se estableció el **código de cada presa** considerando 3 elementos:

| VCT-Cuenca | Municipio | Tamaño Presa/Embalse |
|------------|-----------|----------------------|
|------------|-----------|----------------------|

2.3. Validación de la Información

Para la validación de la información, se procedió a visitar todas las presas registradas para verificar los datos recopilados, complementar los datos y/o corregir.

Segunda Fase: - Análisis, categorización y procesamiento de la Información

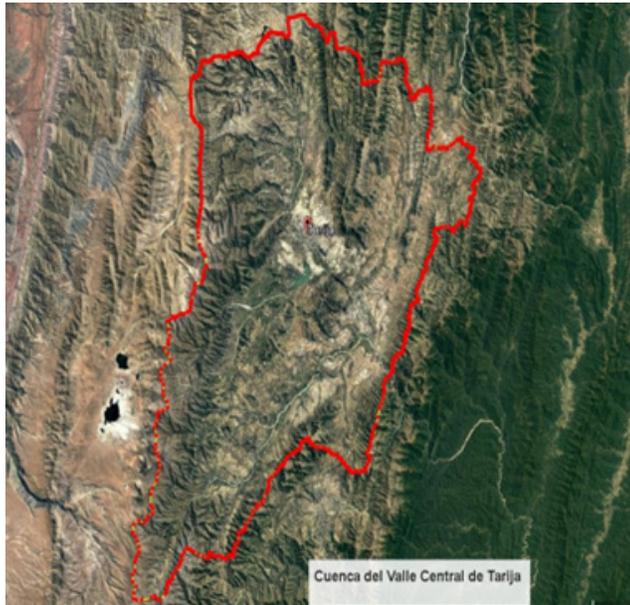
Esquema Categorías de análisis



3. ANALISIS Y DISCUSIÓN

La aplicación del presente estudio, fue realizado en el Valle Central de Tarija (Grafico N° 1).

Grafico N° 1: Cuenca del valle central de Tarija



Fuente: Google Earth

3.1. Número de Presas Vs. altura por Municipios

En la Tabla N° 1 y Figura N° 1 y 2, se muestra que el total de las presas existentes en el Valle Central de Tarija es de 51 presas, de las cuales 59% se ubican en el Municipio de Cercado/Tarija, el 23% en San Lorenzo, el 16% en Uriondo y el 2% en Padcaya.

Tabla N° 1 Resumen presas por municipio y altura

| Tipo de presa | Municipio de Tarija | Municipio de San Lorenzo | Municipio de Uriondo | Municipio de Padcaya | Total |
|------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|-----------|
| Presas Grandes | | | | | |
| PGC (más de 35 m) | 2 | - | - | - | 2 |
| PGB (de 25.1 a 35 m) | 1 | 1 | - | - | 2 |
| PGA (de 15.1 a 25 m) | 5 | 4 | 5 | - | 14 |
| Presas Medianas | | | | | |
| PM (de 10.1 a 15 m) | 22 | 7 | 3 | 1 | 33 |
| Total | 30 | 12 | 8 | 1 | 51 |

Figura N°1: Número de presas por Municipio Valle Central de Tarija

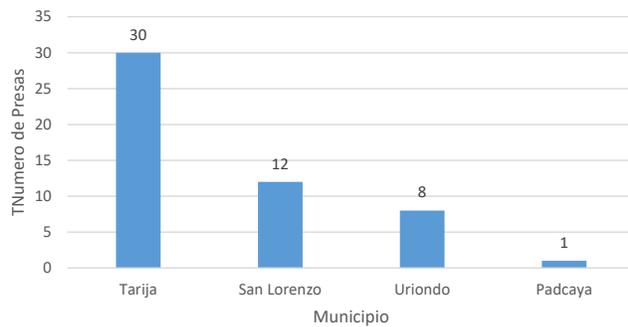


Figura N°2: Distribución de presas por Municipio Valle Central de Tarija

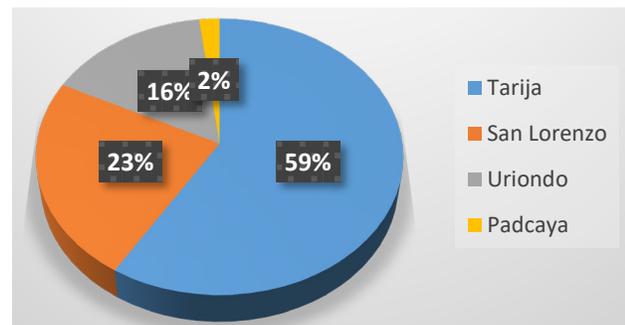


Imagen N° 1: Presa Lajas 2 (PM) Año construcción 1980
CODETAR



Imagen N° 2: Presa Sella 2 (PG-A) Cementerio
Año construcción 2016 Empresa Constructora



Las presas más importantes y de mayor altura se ubican en el municipio de Cercado/Tarija (2), seguido por San Lorenzo (1). Asimismo, se observa la altura de presa más construida en todos los municipios son las medianas (33), seguida por las Presas Grandes -A (14).

A continuación, se muestra la distribución de las presas en cada municipio en función a su altura, (Figura N° 3, 4, 5 y 6).

Figura N° 3 Distribución de presas Vs. Altura Municipio de Cercado

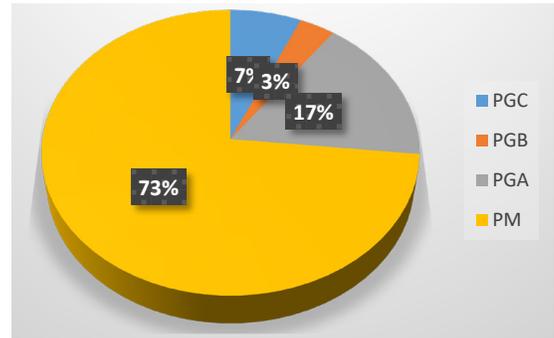


Figura N° 4 Distribución de presas Vs. Altura Municipio de San Lorenzo

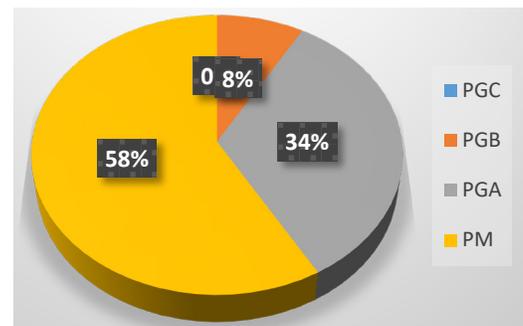


Figura N° 5 Distribución de presas Vs. altura Municipio de Uriondo

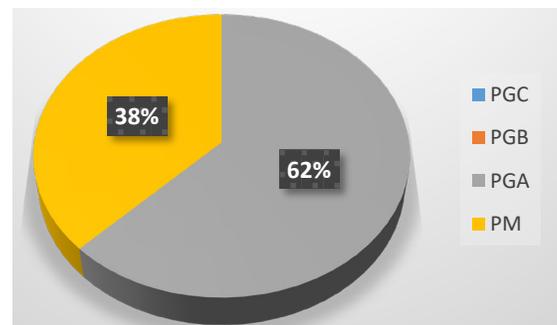


Figura N° 6 Distribución de presas Vs altura Municipio de Padcaya

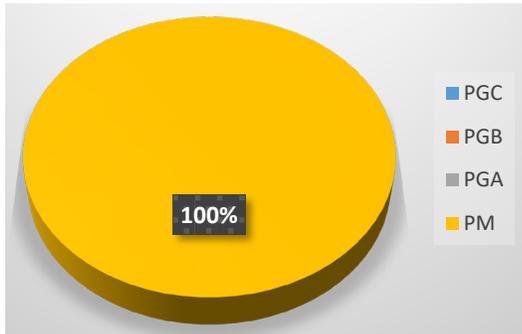
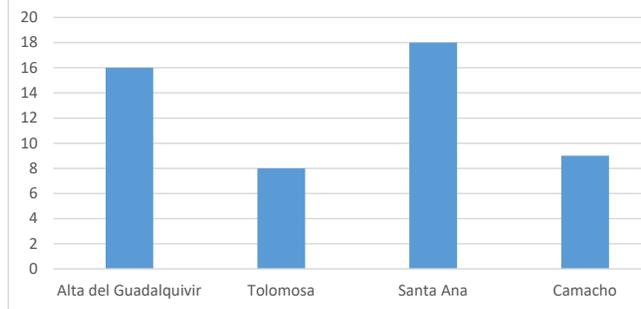


Figura N° 7 Número de presas por Cuenca Valle Central de Tarija



3.2. Distribución de Presas en las Cuencas Hidrográficas

El Valle Central de Tarija, está constituido por 4 cuencas Hidrográficas, donde se observa que el 35% de las presas se ubican en la cuenca del río Santa Ana, 31% la cuenca alta del río Guadalquivir, 18% en la cuenca del río Camacho y el 16% en el río Tolomosa (Tabla N° 2 y Figuras N° 7 y 8).

Figura N° 8 Distribución de presas por cuenca Valle Central de Tarija

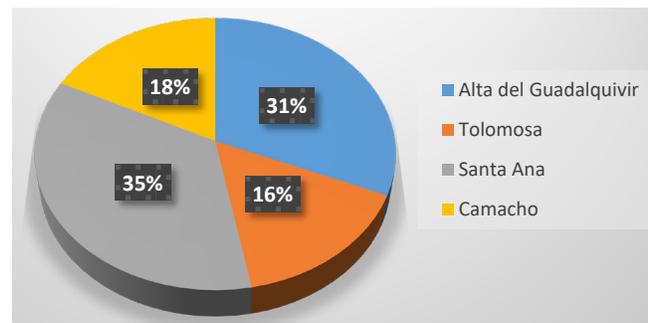


Tabla N° 2 Resumen de presas por cuencas y altura

| Tipo de presa | Cuenca Alto Guadalquivir | Cuenca Tolomosa | Cuenca Santa Ana | Cuenca Camacho | Total |
|------------------------|--------------------------|-----------------|------------------|----------------|-------|
| Presa Grandes | | | | | |
| PGC (más de 35 m) | 1 | 1 | - | - | 2 |
| PGB (de 25.1 a 35 m) | 1 | - | 1 | - | 2 |
| PGA (de 15.1 a 25 m) | 4 | - | 5 | 5 | 14 |
| Presas Medianas | | | | | |
| PM (de 10.1 a 15 m) | 10 | 7 | 12 | 4 | 33 |
| Total | 16 | 8 | 18 | 9 | 51 |

Grafico N° 2 : Ubicación de Presas – Valle Central de Tarija

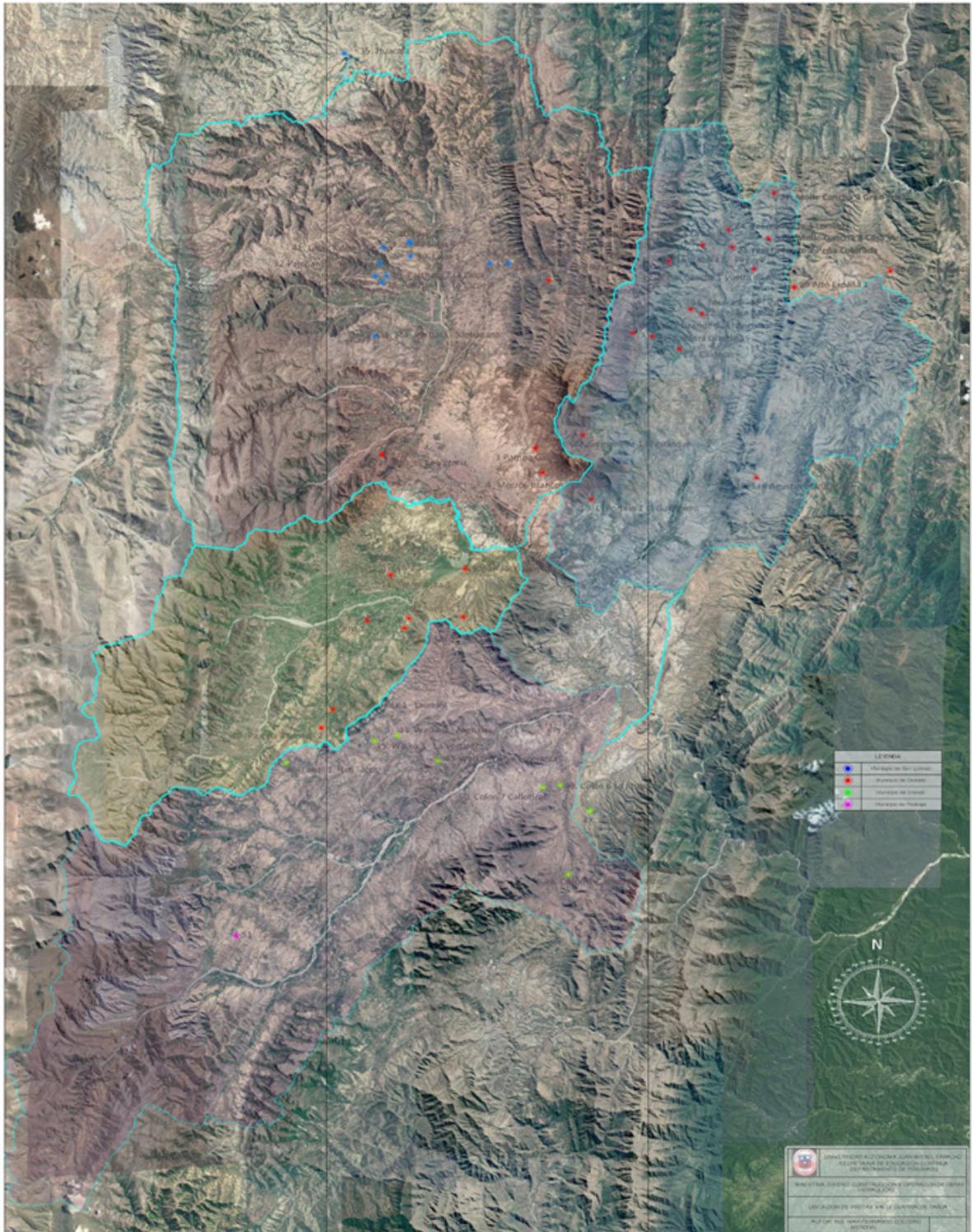


Imagen N° 3 Cuenca alta río Guadalquivir
(Presas Santiaguito -Santa Bárbara (PG-A)
Año construcción 2015 PERTT)



Imagen N° 6 Cuenca del río Santa Ana
(Presas Molle Cancha 1 (PG- A)
Vuelta de Tiro Año construcción 2007 PERTT)



Imagen N° 4 Cuenca del río Tolomosa
(Presas San Jacinto Sud 1 (PM)
Año construcción 2016 Alcaldía de Tarija)



Imagen N° 5 Cuenca del río Camacho (Presas Barrancas 1
(PG-A) El Mollar Año construcción 2009 PERTT)



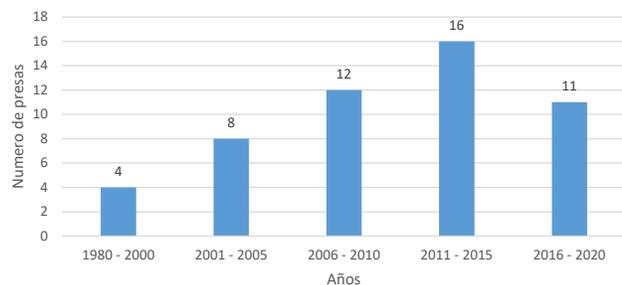
3.3. Años de Construcción de las Presas

Entre los años 2011 – 2015 se construyeron la mayor cantidad de presas existentes, el 31% lo cual se relaciona con los ingresos económicos recibidos por el departamento por concepto de regalías petroleras, las presas fueron construidas por el gobierno central, la gobernación y las alcaldías mediante proyectos concurrentes (Tabla N° 4 y Figuras N° 10).

Tabla N° 3 Año de construcción de las presas

| Año | 1980-2000 | 2001-2005 | 2006-2010 | 2011-2015 | 2016-2020 |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Numero de presas | 4 | 8 | 12 | 16 | 11 |

Figura N° 9 Número de presas construidas por año – Valle Central de Tarija



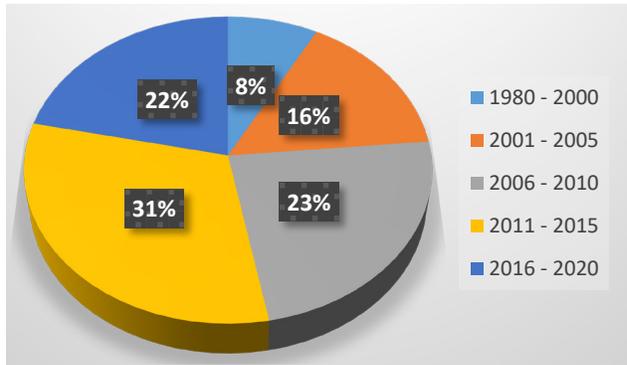
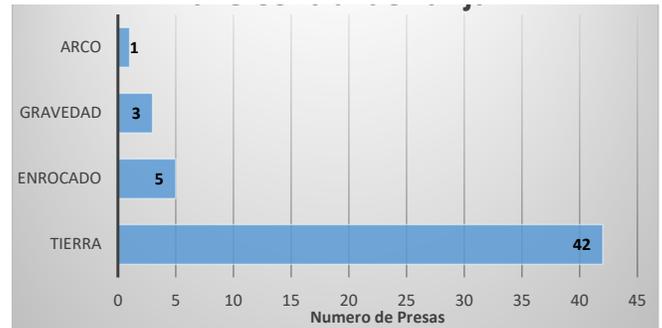


Figura N° 10: Número de presas Vs Tipología



3.4. Tipología de las Presas

Del total de presas identificadas en el valle central de Tarija (51), el 82% son presas de tierra, el 10% de enrocado, el 6% de gravedad y el 2% de arco (ver Tabla N° 4 y Figuras N° 10 y 11).

Tabla N° 4 Número de presas en función a su material de construcción y altura

| Tipo de presa | Tierra | Enrocado | Gravedad | Arco | Total |
|------------------------|--------|----------|----------|------|-------|
| Presa Grandes | | | | | |
| PGC (más de 35 m) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| PGB (de 25.1 a 35 m) | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| PGA (de 15.1 a 25 m) | 12 | 0 | 2 | 0 | 14 |
| Presas Medianas | | | | | |
| PM (de 10.1 a 15 m) | 30 | 2 | 1 | 0 | 33 |
| Total | 42 | 5 | 3 | 1 | 51 |

Figura N° 11: Distribución de presas Vs Tipología

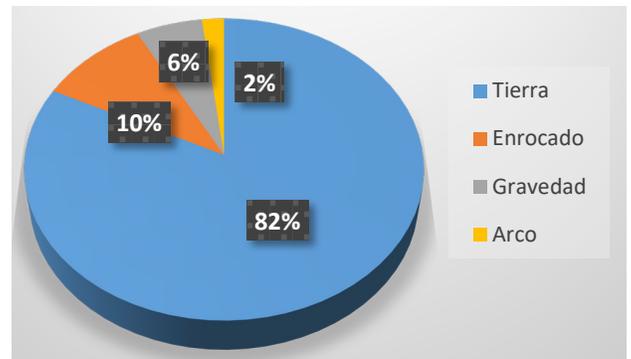


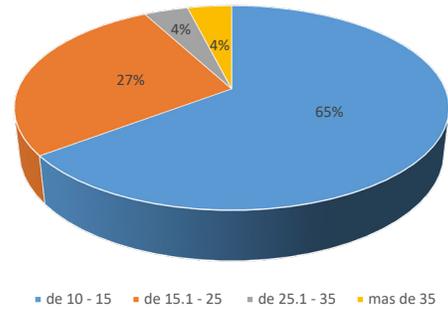
Imagen N° 7: Presa Colón 1 (PM) Campo de Vasco Año construcción 2014 Empresa EL CEIBO



Imagen N° 8: Presa Waiko 3 (PG-A) La Vertiente



Figura N° 13: Distribución de presas Vs. Altura



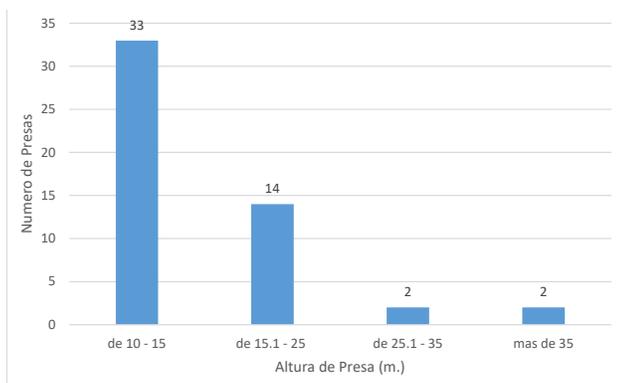
3.5. Altura de las presas

De acuerdo a los criterios determinados para la clasificación de las presas por su altura, en el valle central de Tarija predominan las presas medianas (10 – 15 m.) con el 65%, presas grandes tipo A (15.10 – 25 m.) con el 27%, presas grandes tipo B (25.10 – 35 m.) con el 4% y las presas grandes tipo C (más de 35 m.) con el 4% (Tabla N° 5 y Figuras N° 13 y 14)

Tabla N° 5: Número de presas en función a su altura

| Altura de Presa | de 10 – 15 m. | de 15.10 – 25 m. | de 25.1 – 35 m. | Más de 35 m. |
|------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------|
| Numero de presas | 33 | 14 | 2 | 2 |

Figura N° 12: Numero de presas Vs. Altura Valle Central de Tarija



3.6. Clasificación de las presas por finalidad de uso

Las 51 presas construidas en el Valle Central de Tarija 74% tienen como uso el agua para riego, 22% de preservación ambiental (P.A.), destinadas al control de sedimentos, cría de peces, preservación de flora y fauna, o no tienen ningún uso. Sobresalen las 2 presas de uso múltiple (San Jacinto y Huacata) con diferentes usos (riego, agua Potable y generación eléctrica) Tabla N° 6 y Figuras N° 14 y 15.

Tabla N° 6: Número de presas por uso del agua embalsada

| Uso del Agua | Riego | Ambiental | Múltiple |
|------------------|-------|-----------|----------|
| Numero de Presas | 38 | 11 | 2 |

Figura N° 14: Número de presas por uso Valle Central de Tarija

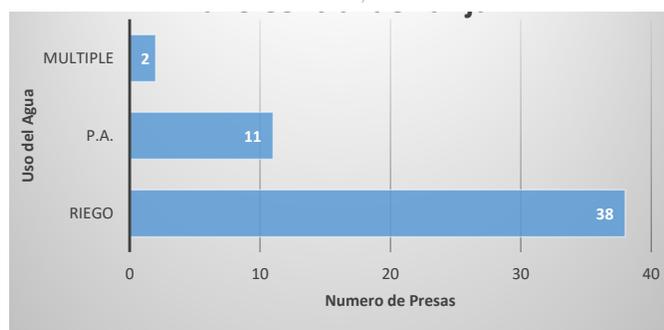


Figura N° 15: Distribución de presas por uso Valle Central de Tarija

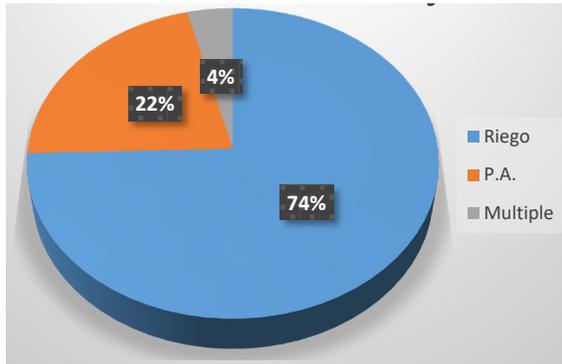
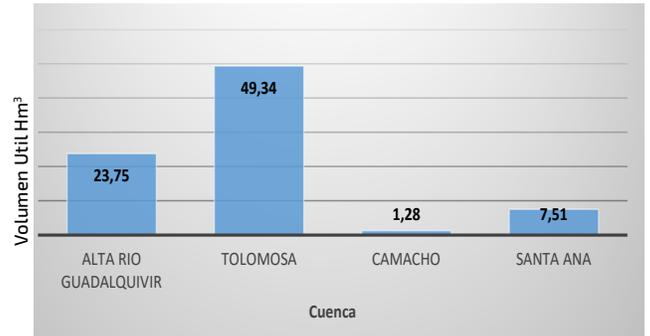


Figura N° 16: Volumen de las presas por cuencas Valle Central de Tarija



3.7. Cantidad de agua embalsada en el Valle Central de Tarija

El agua embalsada total en el valle central de Tarija, alcanza aproximadamente a 82 Hm³ distribuidos en sus cuatro diferentes cuencas, donde el 60% se ubica en la cuenca del Tolomosa (sobre sale la presa de San Jacinto), el 29% en la alta cuenca del río Guadalquivir (sobre sale Huacata y Rumicancha), el 9% en la cuenca del río Santa Ana (sobre sale Calderas) y el 2% en la cuenca del río Camacho. Tabla N° 7 y Figuras N° 16 y 17

Figura N° 17: Distribución del volumen por cuencas Valle Central de Tarija

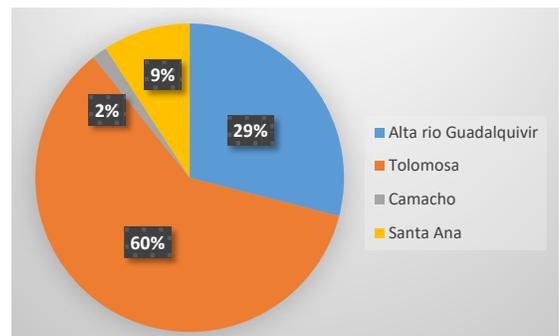


Tabla N° 7: Agua embalsada y área de cuenca de aporte en el valle central de Tarija

| Cuenca | Alta río Guadalquivir | Tolomosa | Camacho | Santa Ana | Total |
|--------------------------------|-----------------------|----------|---------|-----------|--------|
| Volumen Útil Hm ³ | 23.750 | 49.342 | 1.280 | 7.508 | 81.880 |
| Área de Cuenca Km ² | 66.80 | 443.84 | 16.82 | 84.02 | 611.48 |

Referente a las áreas de aporte directo de las cuencas a las presas identificadas en el valle central de Tarija aproximadamente alcanza a 611 Km² distribuidas en las 4 cuencas hidrográficas, donde el 72% representa a la cuenca de Tolomosa (San Jacinto), es de hacer notar que existen 3 presas que son con trasvase (no se toma en cuenta el aporte indirecto). Figuras N° 18 y 19.

Figura N° 18: Área de aporte directo de las Cuencas Valle Central de Tarija

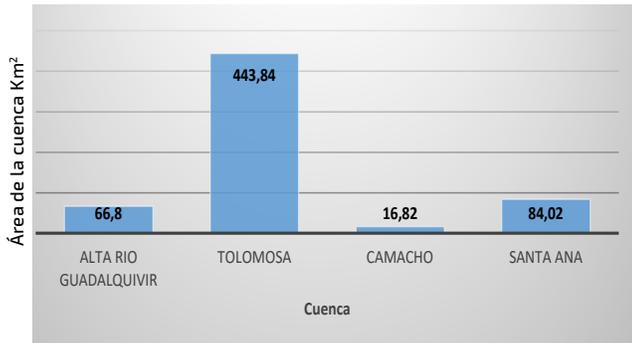
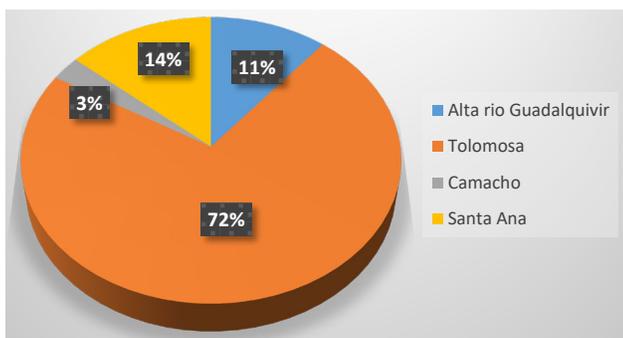


Figura N° 19: Distribución del área aporte directo Valle Central de Tarija



4. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se tienen las siguientes conclusiones.

1. La información del presente estudio, constituye una base para futuras investigaciones y/o trabajos académicos sobre la temática de las presas en el Valle Central de Tarija.
2. Las Presas identificadas alcanzan a 51, con alturas mayor a 10 m. y la mayoría se ubica en la Cuenca de Santa Ana (35%), y la Alta Cuenca del río Guadalquivir (31%) que fueron construidas entre el año 2000 – 2020..
3. La altura más frecuente alcanza a 10 – 15 m. (65%) y la Tipología es la de Tierra/enrocado (92%), dada las características disponibles de los materiales naturales, que son aptos para este tipo de estructuras.
4. El 74% de las Presas tienen como finalidad de uso del agua el riego.
5. El agua embalsada total en el valle central de Tarija, alcanza aproximadamente a 82 Hm³ distribuidos en sus cuatro diferentes cuencas, donde el 60% se ubica en la cuenca del Tolomosa (sobre sale la presa de San Jacinto), el 29% en la alta cuenca del río Guadalquivir (sobre sale Huacata y Rumicancha), el 9% en la cuenca del río Santa Ana (sobre sale Calderas) y el 2% en la cuenca del río Camacho.

5. BIBLIOGRAFÍA

- 🔖 ICOLD – Comisión Internacional de Grandes Presas – Las Presas y el agua en el mundo – 2007 – Paris – Francia.
- 🔖 SPANCOLD – Comité Nacional Español de grandes Presas – Guías Técnicas de Presas – 2015 – Madrid – España.
- 🔖 Ministerio de Medio Ambiente y Agua – Viceministerio de recursos Hídricos y riego – Programa de Desarrollo Sustentable de la Cooperación Técnica Alemana (PROAGRO-GTZ), Inventario Nacional de Presas Bolivia 2010 – La Paz - Bolivia
- 🔖 Ministerio de Medio Ambiente y agua – Viceministerio de recursos Hídricos y riego – UCEP MI RIEGO – Balance Hídrico Superficial de Bolivia 2017 – La Paz - Bolivia.

- 📖 Ministerio de Medio Ambiente y Agua – Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego – Inventario Nacional de Sistemas de Riego en Bolivia 2015 – La Paz – Bolivia.
- 📖 PERTT – Programa Ejecutivo de rehabilitación de Tierras Tarija – Gobierno Departamental de Tarija - Inventario de Presas Valle Central de Tarija 2004-2018 - 2019 – Tarija - Bolivia
- 📖 Ministerio de Medio Ambiente y Agua – Dirección de Planificación – Registro Nacional de Presas – 2020 – La Paz – Bolivia.
- 📖 Bureau of Reclamation – Diseño de pequeñas Presas – Traducción de la 3ª Edición Americana – Editorial Bellisco – Madrid – España – 2015
- 📖 Novak, P., Moffat, A.I.B., Nalluri, C. y Narayanan, R. Hydraulic Structures. Unwin Hyman Ltda. London, UK. 1990.
- 📖 Eugenio Vallarino Colegio De Ingenieros De Caminos Canales Puertos. Tratado Básico de Presas Profesor De Ingenieros Madrid – España. 1910.
- 📖 Chow, V.T., Maidment, D., Mays L. (1994). "Hidrología Aplicada.", McGraw-Hill Interamericana S.A. – España – 2010.
- 📖 PROAGRO – Gandarillas Humberto – Diplomado – Diseño y Construcción de Presas – 2009 – Cochabamba – Bolivia.
- 📖 KROCHIN, Sviatoslav (1982) Diseño Hidráulico. (Segunda Edición). Moscú: Editorial Universitaria.
- 📖 Design of Small Dams, A Water Resources Technical Publication. U.S. Department of Interior, Bureau of Reclamation, Third Edition, 1987. [2] Inspection and Performance Evaluation of Dams – A Guide for Managers, Engineers, and Operators, Electric Power Research Institute, AP-0710, Project 1705-10. Morrison Knudsen Engineers, September 1986.
- 📖 Vacafloor, Prudencio (2011) Inventario Nacional de Presas – Universidad Católica Boliviana San Pablo – 2011 – Cochabamba – Bolivia.
- 📖 US Army Corps of Engineers (USACE) (2004) General Design and Construction for Earth and Rock-Fill Dams. Washington D.C.: U.S. Army Corps of Engineers Publication.
- 📖 FERRUFINO, Javier y MOREIRA, Susan (2006) Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Obras Hidráulicas II. Cochabamba: Universidad Mayor San Simón.

CREACIÓN AUTOMÁTICA DE UN BANCO DE PREGUNTAS PARA MOODLE, MEDIANTE PYTHON Y LaTeX

AUTOMATIC CREATION OF A MOODLE QUESTION BANK,
USING PYTHON AND LaTeX

Fecha de recepción: Diciembre 2023 | Fecha de aceptación: Abril 2024

Autor:

Echalar Flores Michael Willy¹

¹Docente investigador del departamento de Estructuras y Ciencias de los Materiales de la Carrera de Ingeniería Civil, FCyT – UAJMS

Correspondencia del autor: michaelechalar@uajms.edu.bo¹

Tarija - Bolivia

RESUMEN

Este trabajo describe la metodología empleada para generar un banco de preguntas para ser usada en la plataforma Moodle. Creado de manera automática mediante un guion en el lenguaje Python. El cual empleando de la librería pylatex genera un archivo del tipo LaTeX, el cual en su compilación de manera paralela genera un fichero del tipo xml que puede ser importado en Moodle.

El código se ha desarrollado a partir de los paradigmas OOP y DOP, de esta forma se espera que el producto software sea reusable, ampliable y de fácil lectura.

Se presenta el código de los archivos y los resultados arrojados, en este caso el fruto es un recurso académico de tipo electrónico, que permite a los alumnos practicar la resolución de vigas isostáticas; que es una competencia transversal a las carreras de Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial y Arquitectura, y se emplea en diferentes materias en cada carrera.

ABSTRACT

This paper describes the methodology used to generate a bank of questions to be used on the Moodle platform. Created automatically using a script in the Python language. Which, using the pylatex library, generates a LaTeX type file, which when compiled in parallel generates an xml type file that can be imported into Moodle.

The code has been developed from the OOP and DOP paradigms, in this way it is expected that the software product will be reusable, extensible and easy to read.

The code of the files and the results obtained are presented, in this case the fruit is an electronic academic resource, which allows students to practice solving isostatic beams; which is a transversal competence to the Civil Engineering, Industrial Engineering and Architecture careers, and is used in different subjects in each career.

Palabras Clave: Python, Latex, Moodle, Exámenes automáticos, Estática.

Keywords: Python, Latex, Moodle, Automatic test, Statics.

1. INTRODUCCIÓN

La solución de vigas isostáticas es una competencia transversal a las carreras de: Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial y Arquitectura, se emplea en diferentes materias.

Para el aprendizaje de la solución de la estructura se requiere el tránsito desde elementos simples con una sola carga hasta elementos complejos con varias cargas; estos últimos básicamente son una combinación de casos sencillos y se pueden resolver mediante el principio de superposición, en el cual el efecto de un grupo de cargas no es más que la suma de los efectos individuales.

La competencia se logra mediante la resolución sucesiva de ejercicios, de modo que se multiplican el número de alumnos por el número de ejercicios. En la enseñanza tradicional dentro del aula no es posible revisar a todos los alumnos su tarea individualmente como indica Rodríguez, I. G., Rodríguez, G. P., & Bautista, R. L. (2020)

De tal forma que se decidió ampliar la cantidad de recursos en el aula electrónica de la plataforma Moodle, mediante la automatización de la generación de preguntas. Para disponer de una batería de ejercicios a ser empleados para practicar, como en evaluaciones. Contando con el plus de que realizada la actividad la plataforma les entrega automáticamente la nota como también las respuestas correctas, se puede añadir también retroalimentación de acuerdo a las respuestas suministradas.

Los cuestionarios de Moodle son una manera muy conveniente de afrontar las evaluaciones en línea, tan relevantes hoy como en la época de pandemia según Izquierdo Amo, R., García Osorio, C., Latorre Carmona, P., & Barbero Aparicio, J. A. (2021).

Dado que el entorno es flexible tanto para la importación como exportación de preguntas, se ha automatizado el paso de datos generados en el programa Wolfram Mathematica directo a Moodle xml,

según indican Gómez Déniz, E., González Martel, C., & Dávila-Cárdenas, N. (2017). De la misma forma se ha empleado también Java y LaTeX para la generación de los cuestionarios de acuerdo a Godoy Suárez, F., Rodríguez Mielgo, C., Cabrera Ortega, I. J., González Henríquez, J. J., & Rocha, J. (2017).

De acuerdo a los antecedentes mencionados se ha decidido emplear el lenguaje de programación Python, debido a su omnipresencia en todos los ámbitos educativos y de ingeniería, a la sencillez de su sintaxis y a la gran disponibilidad de ayudas gracias a ser software libre de código abierto.

Se hace necesario también utilizar LaTeX ya que tiene disponible la librería Moodle que permite transcribir las preguntas redactadas a xml el cual es un formato compatible para importar información.

La dupla Python LaTeX se emplea también para la generación de exámenes paramétricos, en los cuales la redacción es la misma pero se cambian los datos y las condiciones, como indica Zampirolli, F., Teubl, F., & Batista, V. R. (2019) y también Arroyo, J., Mora, F., Eithel Rodríguez, & Porras, K. (2024). La combinación se emplea también para la generación de Reportes empleados por instituciones tan importantes como el Departamento de Energía de los Estados Unidos como indican Peterson, J., Van Den Akker, B., Cumberland, R., Miller, P., & Banerjee, K. (2017).

LaTeX es el estándar para la notación matemática en la documentación técnica moderna, el código se emplea tanto para la generación exámenes como indica Martínez Castro, A. E. (2017), hasta para el planteamiento de modelos matemáticos de optimización de acuerdo a Ramamonjison, R. et al. (2023) y Triantafyllidis, C. P., & Papageorgiou, L. G. (2018)

Ejecutar Python dentro de un documento de LaTeX permite generar documentos más limpios y libres de errores según indica Poore, G. M. (2015) de esta forma se puede salir del aula tradicional y emplear recursos electrónicos, no bajar la calidad de la educación. Se pueden generar materiales de apoyo muy

útiles con una calidad mejorada, de gran ayuda para el aprendizaje significativo como indica Orduz-Ducua, J. A. (2013).

Si bien la tendencia es el aula electrónica también se generan exámenes físicos, mediante un algoritmo muy similar al de los casos descritos anteriormente; se han desarrollado metodologías para su corrección automática a partir de imágenes escaneadas como muestra Zampirolli, F., Batista, V., & Quilici-Gonzalez, J. A. (2016),

Se pueden generar elementos matemáticos bastante específicos, gracias a contar con la librería numpy, un ejemplo muy interesante son los sistemas lineales con soluciones de números enteros, como indica Arifin, S., & Muktyas, I. B. (2021).

En el medio de los recursos electrónicos una de las opciones, como se mencionó; consiste en ejecutar una célula de Python dentro del archivo LaTeX. La opción inversa, en la cual dentro de un guion Python se escribe un archivo LaTeX se considera más robusta y con muchísimas posibilidades, gracias a las características del lenguaje, como mencionan los autores.

Para conseguir código que sea reusable, ampliable y de fácil lectura se han seguido los siguientes principios, compendiados en los artículos de ingeniería de LinkedIn:

- Usar una convención de nombres con significancia y consistencia.
- Usar cadenas de texto y comentarios redactadas de forma clara y concisa.
- Usar funciones y módulos para facilitar el reusó y la organización del código
- Seguir el principio DRY (Don't Repeat Yourself) que es una filosofía de desarrollo que insta a no repetir código con características similares y preferir las funciones.

- No reinventar la pólvora, básicamente usar librerías y estructuras ya establecidas en vez de escribir soluciones propias menos estándar y con poca reusabilidad.

También se ha aplicado la programación orientada a objetos mediante el uso de clases. En nuestro caso tenemos dentro del archivo LaTeX la clase documento, que contiene la clase quiz que es un examen. El examen contiene la clase pregunta, de las cuales puede haber varios tipos. Esta abstracción permite manejar cada clase de forma individual de modo que cada una puede disponer de sus propios métodos y propiedades. Esto permite la fácil depuración, el mantenimiento y la reusabilidad se maximiza. En caso de tener que ampliar o corregir alguno de estos objetos; esto se realiza únicamente en la definición del objeto y se extiende automáticamente al resto.

Se usan también los paradigmas de la programación orientada a datos, sus preceptos se toman del libro de Sharvit, Y. (2022); los cuales son:

- Código separado de los datos.
- Representar los datos con estructuras genéricas
- Los datos son inmutables.
- Separar el esquema de datos de su representación.

Se ha empleado Excel como base de datos lo que permite el almacenamiento y gestión de la información. Esta afirmación tendrá detractores ya que la hoja de cálculo carece de herramientas de típicas, permite el acceso y modificación de todos los datos con la simple apertura del archivo. Sin embargo, en nuestro caso más complejo se van a manejar unos cuantos cientos de filas y el uso será personal, por lo que Excel cumple su cometido. El uso de un archivo externo de almacenamiento contribuye a la modularidad y reusabilidad; a partir del modelo de obje-

tos, fácilmente se puede sustituir y empleando las mismas funciones de escritura generar otro examen. Se ha experimentado también el generar un banco de preguntas del tipo Close a partir de una Base de Datos Excel que envía directamente las mismas a Moodle mediante un archivo xml, como indica Gómez González, F., & Vallez Fernández, C. M. (2020).

Se ha preferido el empleo de un sistema de Software Libre dado que el rendimiento, velocidad de respuesta y estabilidad es superior a lo obtenido en una plataforma Windows.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en un sistema de las siguientes características:

Kernel: Linux 6.5.3
 OS: Arch Linux
 IDE: VS Code

Se usaron los siguientes recursos de software:

Lenguaje: Python v.3.11.1
 Librerías: pylatex
 pandas
 anastruct
 itertools
 bisect
 Lenguaje: LaTeX
 Librerías: moodle
 amsmath
 amssymb
 Data Base: Excel Sheet

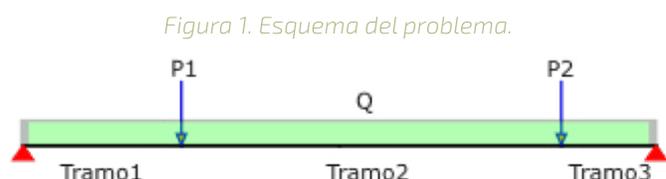
La estructura de la carpeta que contiene el proyecto es la siguiente:

```
exam_generator/
  Moodle/
    moodle.py
  Beam/
    beam.py
  DB/
    quizDB.xlsx
  Exam/
    exam.tex
    exam.pdf
    exam.xml

  maker.py
```

La misma garantiza orden y accesibilidad de los recursos, la estructura seleccionada es una viga simplemente apoyada que soporta tres cargas, de las cuales dos son puntuales y una distribuida.

En la figura 1 se muestra un esquema genérico del problema planteado, por lo que la Base de Datos debe albergar dos tablas, una con los datos para poder resolver la estructura y otra con las posibles preguntas.



Fuente: Elaboración propia.

Para la resolución serían necesarios los siguientes datos:

Q= carga uniformemente distribuida

P1= carga puntual 1

P2= carga puntual 2

T1= distancia del apoyo derecho a P1

T2= distancia entre P1 y P2

T3= distancia entre P2 y el apoyo izquierdo

Estos parámetros, son los campos a usarse en la primera tabla de la Base de Datos, se muestra en la tabla 1 las primeras seis filas de la misma que corresponderían a seis estructuras.

Tabla 1. Estructuras.

| Id. | Q | P1 | P2 | T1 | T2 | T3 |
|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| 1 | 10.0 | 9.0 | 4.0 | 5.0 | 12.0 | 3.0 |
| 2 | 8.0 | 5.0 | 4.0 | 6.0 | 11.0 | 5.0 |
| 3 | 9.0 | 6.0 | 5.0 | 4.0 | 10.0 | 2.0 |
| 4 | 8.0 | 9.0 | 4.0 | 4.0 | 12.0 | 3.0 |
| 5 | 11.0 | 9.0 | 5.0 | 6.0 | 12.0 | 2.0 |
| 6 | 8.0 | 9.0 | 13.0 | 3.0 | 12.0 | 5.0 |

Fuente: Elaboración propia.

Es necesario contar también con las preguntas y su respectivo puntaje asignado, datos guardados en la tabla segunda de la Base de datos cuya estructura se muestra en la tabla 2 a continuación.

Tabla 2. Preguntas y puntajes.

| Pregunta | Símbolo | Puntaje |
|--------------------|---------|---------|
| Reacción izquierda | R_i | 12.0 |
| Reacción derecha | R_d | 12.0 |
| Momento en P1 | M_1 | 25.0 |
| Momento al centro | M_c | 26.0 |
| Momento en P2 | M_2 | 25.0 |

Fuente: Elaboración propia.

El archivo principal se denomina `maker.py` el cual llama a las librerías: `beam.py` y `moodle.py`; su tarea consiste en leer de la Base de Datos contenida en el archivo Excel mediante la librería `pandas` y generar un Data Frame, cuyas filas son iteradas mediante la función `iterrows`, cada una contiene información para el planteamiento de una estructura. Pasar estos a `beam.py` para su resolución, recibir los datos de la resolución filtrarlos en función de las preguntas definidas y pasarlos a `moodle.py` junto con el texto de planteamiento de cada una, para que este escriba el archivo tipo `Tex`; a partir de este compilar el pdf con lo cual se genera paralelamente un archivo `xml` ya importable por Moodle. En el texto a continuación se transcribe su contenido íntegro.

```

from pylatex import Document, Section, Center
import pandas as pd
from Moodle import *
from Beam import beam
with open("quizDB.xlsx", "rb") as file:
    quizDF = pd.read_excel(file)
    question = pd.read_excel(file, 1, header=
None, usecols="A:C")
    datos = pd.read_excel(file, 2, header=None)
    doc = Document(
        document_options=["11pt", "letterpaper"],
        lmodern=False,
        textcomp=False,
        page_numbers=False,
    )
    doc.change_length("\hoffset", "-2.445cm")
    doc.change_length("\voffset", "-3cm")
    doc.change_length("\textheight", "23.5cm")

```

```

doc.change_length("\\textwidth", "17.59cm")
doc.packages.append(Package("moodle"))
doc.packages.append(Package("amsmath"))
doc.packages.append(Package("amsfonts"))
doc.packages.append(Package("amssymb"))
doc.packages.append(Package("amsthm"))

with
doc.create(quiz(arguments=Arguments
("P01p02"))):
    for index, row in quizDF.iterrows():
        values = row.values.flatten().tolist()
        print(index)
        Data = list(beam(*values))
        Data_txt = [f"{j:.3f}" for j in Data]
        with doc.create(cloze(arguments=
Arguments(f"{index:02d}"))):
            doc.append("Dadas las cargas y los tramos
de la viga: \n")
            for indice, row in datos.iterrows():
                [req, unit] = row.values.flatten().tolist()
                doc.append(f"{req} : {values[indice]:.2f} \
({unit}) \n")
            doc.append("Se solicita : \n")
            scribus(doc, question, Data_txt)
doc.generate_pdf("parcial_1p2", clean=True,
clean_tex=False, compiler="lualatex")

```

La rutina beam.py hace uso de la librería anastruct, desarrollada para la resolución de estructuras mediante el método de los elementos finitos; con los datos recibidos se plantea la estructura y con la propiedad solve se obtiene la matriz de rigidez total, los vectores de desplazamiento y el vector de cargas; podemos recuperar las reacciones, y las cortantes y momentos en puntos específicos.

En este caso se extraen los momentos debajo de cada una de las cargas y en el centro de la viga. Para la resolución se discretiza la estructura en 5 nodos y 4 barras como se observa en la figura 2 más adelante. Estos datos más las reacciones, son los valores solicitados como respuesta luego de que el alumno realice la resolución, el código se transcribe a integridad a continuación.

```

from anastruct import SystemElements
import itertools
import bisect
import numpy as np
def beam(Q, P1, P2, X1, X2, X3):
    X = [0, X1, X2, X3]
    median = sum(X) / 2
    X = list(itertools.accumulate(X))
    # inserting element using bisect.insort(list, element)
    p_medio = not median in X
    if p_medio:
        bisect.insort(X, median)
    node = [list([i]) for i in X]
    for nod in node:

```

```

    nod.append(0)

# create structures

struct = SystemElements()

for coord in range(len(node) - 1):
    struct.add_element(location=[node[coord],
node[coord + 1]])

# add supports

struct.add_support_hinged(node_id=[1, -1])

# add loads

# q

for bar in range(1, len(X)):
    struct.q_load(element_id=bar, q=-Q)

# p1

struct.point_load(node_id=2, Fy=-P1)

# p2

nodo = 3

if p_medio:
    nodo = 4

struct.point_load(node_id=nodo, Fy=-P2)

struct.solve()

reaction = [react.Fy for react in struct.reaction_
forces.values()]

moments = struct.get_element_result_range("
moment")

moments.pop(0)

moments = [abs(m) for m in moments]

respuestas = reaction + moments

return tuple(respuestas)

```

La rutina moodle.py que hace uso de la librería pyla-
tex desarrollada para manejar código TeX desde
Python. Contiene las funciones para escribir cada
pregunta a partir de las filas de la segunda tabla de
la Base de Datos y las respuestas correctas mas un
porcentaje de aproximación para poder calificar las
respuestas de manera automática. La librería abre
un entorno de documento, dentro de este uno de
quiz, dentro varias preguntas tipo close correspon-
dientes a la cantidad de filas contenidas en la Base
de Datos y dentro de cada una la solicitud de una
respuesta numérica, el código se transcribe a con-
tinuación.

```

from pylatex import Document, Section, Center
from pylatex.base_classes import Environment
from pylatex.base_classes.command import
Arguments, Command, Options
from pylatex.package import Package
from pylatex.utils import NoEscape

# -----
-----

class quiz(Environment):
    escape = False
    content_separator = "\n"

class cloze(Environment):
    escape = False
    content_separator = "\n"

class numerical(Environment):
    escape = False
    content_separator = "\n"

```

```
def add_item(self, label, s):
    self.append(Command("item", options=label))
    self.append(s)
# -----
def scribus(doc, question, nunit):
    for index, row in question.iterrows():
        [duda, names, points] = row.values.flatten().
        tolist()
        doc.append(duda + "\n")
        with doc.create(numerical(options=Options(-
        f"points={points}"))) as desc:
            desc.append(f"\({names}\)")
            desc.add_item("tolerance=0.20", nunit[in-
            dex])
            desc.add_item("fraction=80,tolerance=0.80",
            nunit[index])
            desc.add_item("fraction=60,tolerance=1.50",
            nunit[index])
        doc.append("\n")
```

Como se mencionó anteriormente la compilación del archivo TeX genera de manera paralela un pdf y un xml.

A este último se le puede añadir un esquema grafico en el planteamiento del problema; para lograr esto se toma una imagen svg, que es un grafico vectorial basado en texto, el cual es reconocido en Moodle y se añade a cada uno de los problemas.

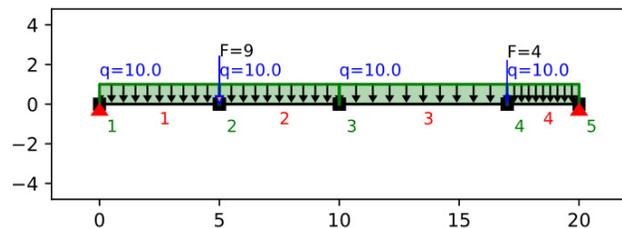
3. RESULTADOS

La inversión de tiempo inicial en generar el archivo de guion es relativamente alta ya que se debe verificar que la función de resolución trabaje correctamente, como que la importación de las preguntas sea adecuada. A partir de esto, todo el trabajo sucesivo se reduce a modificar y/o ampliar la base de datos; ejecutar el guion principal y posteriormente importar en Moodle el nuevo banco de preguntas.

La librería anastruct además de resolver numéricamente las estructuras y permitir acceso a toda la información de la misma, genera también el esquema de la estructura y de reacciones; los diagramas de: axiales, cortantes, momentos y deformación. Estos son imágenes que pueden guardarse en diferentes formatos como png y svg.

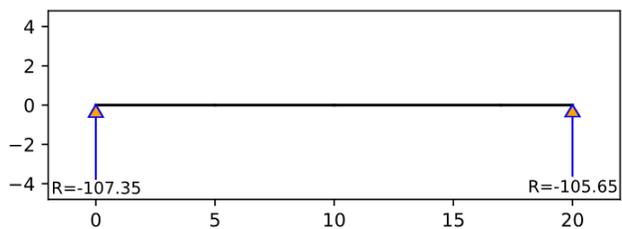
Se muestra en las figuras siguientes, el esquema de la estructura, reacciones, cortantes y momentos para el caso de la primera estructura contenida en la Base de Datos. Se debe hacer notar que no existen fuerzas axiales, por lo que no se presenta el diagrama. Y al ser una estructura estática, no se ha definido explícitamente la sección y el material de modo que no se ha calculado la deformación.

Figura 2. Esquema de la estructura.



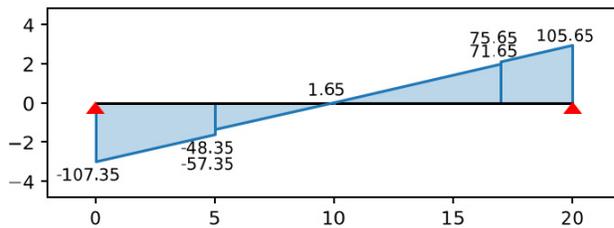
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Esquema de reacciones.



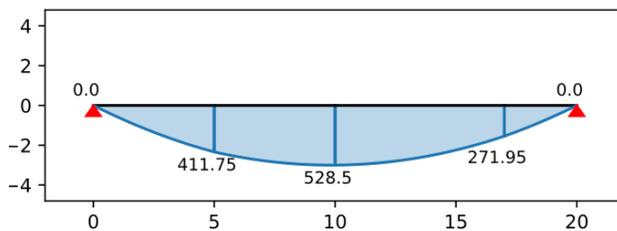
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Diagrama de cortantes



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Diagrama de momentos



Fuente: Elaboración propia.

Como se ha explicado anteriormente, con la información de los datos necesarios para la resolución de la estructura, como los valores correctos que son respuesta de las preguntas planteadas, la rutina moodle.py escribe el código LaTeX mostrado a continuación.

```
\documentclass[11pt,letterpaper]{article}%
\usepackage{moodle}%
\usepackage{amsmath}%
\usepackage{amsfonts}%
\usepackage{amssymb}%
\usepackage{amsthm}%
\setlength{\hoffset}{-2.445cm}%
\setlength{\voffset}{-3cm}%
\setlength{\textheight}{23.5cm}%
\setlength{\textwidth}{17.59cm}%
\begin{document}%
\begin{quiz}{P01p02}
```

```
\begin{cloze}{00}
```

Dadas las cargas y los tramos de la viga:

$Q : 10.00 \text{ (kN/m)}$

$P1 : 9.00 \text{ (kN)}$

$P2 : 4.00 \text{ (kN)}$

Tramo 1 : 5.00 (m)

Tramo 2 : 12.00 (m)

Tramo 3 : 3.00 (m)

Se solicita :

Reaccion izquierda

```
\begin{numerical}[points=12]
```

```
\(R_i\)
```

```
\item[tolerance=0.20]
```

107.350

```
\item[fraction=80,tolerance=0.80]
```

107.350

```
\item[fraction=60,tolerance=1.50]
```

107.350

```
\end{numerical}
```

Reaccion derecha

```
\begin{numerical}[points=12]
```

```
\(R_d\)
```

```
\item[tolerance=0.20]
```

105.650

```
\item[fraction=80,tolerance=0.80]
```

105.650

```

\item[fraction=60,tolerance=1.50]
105.650
\end{numerical}
Momento en P1
\begin{numerical}[points=25]
\ (M_1\ )
\item[tolerance=0.20]
411.750
\item[fraction=80,tolerance=0.80]
411.750
\item[fraction=60,tolerance=1.50]
411.750
\end{numerical}

```

A partir de este código se generan un archivo de tipo pdf y otro de tipo xml que contiene la misma información. La figura 6 es una vista parcial del pdf generado

Figura 6. Documento pdf del examen

1. 00

CLOZE 0.10 penalty

Dadas las cargas y los tramos de la viga:

$Q : 10.00 \text{ kN/m}$

$P1 : 9.00 \text{ kN}$

$P2 : 4.00 \text{ kN}$

Tramo 1 : 5.00 m

Tramo 2 : 12.00 m

Tramo 3 : 3.00 m

Se solicita :

Reaccion izquierda

R_i

NUMERICAL 12 points

| | |
|--------|-----------------------|
| .20.80 | 107.350 ✓ |
| | 107.350 (80%) |
| | 107.350 ± 1.50 (60%) |

Reaccion derecha

R_d

NUMERICAL 12 points

| | |
|--------|-----------------------|
| .20.80 | 105.650 ✓ |
| | 105.650 (80%) |
| | 105.650 ± 1.50 (60%) |

Momento en P1

M_1

NUMERICAL 25 points

| | |
|--------|-----------------------|
| .20.80 | 411.750 ✓ |
| | 411.750 (80%) |
| | 411.750 ± 1.50 (60%) |

Momento al centro

M_c

NUMERICAL 26 points

| | |
|--------|-----------------------|
| .20.80 | 528.500 ✓ |
| | 528.500 (80%) |
| | 528.500 ± 1.50 (60%) |

Fuente: Elaboración propia.

El archivo xml, que es el producto final de todo este proceso se muestra en las líneas siguientes de manera parcial conteniendo todo el planteamiento de la primera estructura.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!-- This file was generated on 2023-09-13 by
LuaLaTeX -->
<!-- running on Windows with the package mood-
le v0.9 -->
<quiz>
<question type="category">
<category>
<text>$course$/top/P01p02</text>
</category>
</question>
<question type="cloze">
<name format="html">
<text><![CDATA[00]]></text>
</name>
<questiontext format="html">
<text><![CDATA[<p>Dadas las cargas y los tramos
de la viga: <BR/>Q : 10.00 \(\text{kN/m}\) <BR/>P1 : 9.00
\(\text{kN}\) <BR/>P2 : 4.00 \(\text{kN}\) <BR/>Tramo 1 : 5.00
\(\text{m}\) <BR/>Tramo 2 : 12.00 \(\text{m}\) <BR/>Tramo 3 :
3.00 \(\text{m}\) <BR/>Se solicita : <BR/>Reaccion
izquierda <BR/>\(\text{R}_i\))
{12:NUMERICAL:=107.350:0.20~%80%107.350:0.80~%60%
107.350:1.50}<BR/><BR/>Reaccion derecha
<BR/>\(\text{R}_d\))
{12:NUMERICAL:=105.650:0.20~%80%105.650:0.80~%60%
105.650:1.50}<BR/><BR/>Momento en P1 <BR/>\(\text{M}_1\))
{25:NUMERICAL:=411.750:0.20~%80%411.750:0.80~%60%
411.750:1.50}<BR/><BR/>Momento al centro
<BR/>\(\text{M}_c\))
{26:NUMERICAL:=528.500:0.20~%80%528.500:0.80~%60%
528.500:1.50}<BR/><BR/>Momento en P2 <BR/>\(\text{M}_2\))
{25:NUMERICAL:=271.950:0.20~%80%271.950:0.80~%60%
271.950:1.50}<BR/><BR/></p>]]></text>
</questiontext>
<generalfeedback
format="html"><text/></generalfeedback>
<penalty>0.10</penalty>
<hidden>0</hidden>
</question>
```

Figura 7. Pregunta en la plataforma Moodle

Pregunta 1

Sin responder aún

Puntúa como 100,00

Dadas las cargas y los tramos de la viga:

Q : 10.00 *kN/m*

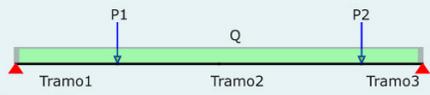
P1 : 9.00 *kN*

P2 : 4.00 *kN*

Tramo 1 : 5.00 *m*

Tramo 2 : 12.00 *m*

Tramo 3 : 3.00 *m*



Se solicita :

Reaccion izquierda

R_i

Reaccion derecha

R_d

Momento en P1

M_1

Momento al centro

M_c

Momento en P2

M_2

Fuente: Elaboración propia.

Importado el archivo xml en Moodle, ya quedan disponibles las preguntas para ser usadas en cuestionarios, en la figura 7 se tiene una captura de como se ven cuando son accedidas en la plataforma, es evidente la coherencia de todo el proceso ya que toda la información en cada caso pasa de formato en formato sin cambiar.

4. DISCUSIÓN

Vamos a mencionar inicialmente aspectos relativos a las herramientas de desarrollo empleadas y al producto software generado. Si bien Python como LaTeX tienen un entorno de desarrollo integrado (Integrated Development Environment) muy robusto; PyCharm y TeXmaker respectivamente. Los cuales son exclusivos de cada lenguaje; para este trabajo se ha decidido emplear VS Code ya que permite en un único entorno manejar todos los tipos de archivos utilizados. Esto es una gran ventaja ya que no

se pierde tiempo cambiando de entorno y se puede tener control de la interoperabilidad de los lenguajes utilizados.

Desde el punto de vista del producto software, el haber realizado el proyecto a partir de las recomendaciones de los paradigmas OOP y DOP, permite en este caso sustituir el modulo Beam y la función beam.py por cualquier otro modulo y función, si adicionalmente cambiamos la base de datos, tenemos el proyecto para ser usado en cualquier otra materia y tema, pudiendo generar automáticamente su banco de preguntas empleando el mismo procedimiento antes descrito.

Se menciona también la parte mas importante del trabajo que es el lograr al final un producto educativo. Concordantemente a lo que mencionan los autores antes citados, la metodología descrita en este articulo permite

obtener recursos educativos de calidad, reutilizables y auto corregibles, que colaboran para lograr aprendizaje significativo en los estudiantes y se logra que sea posible que cada uno de ellos cuente con las respuestas correctas de ejercicios de practico o evaluaciones. Siendo los estudiantes actuales nativos digitales se explota también su afinidad por los medios electrónicos y se vuelca su uso para fines educativos,

5. BIBLIOGRAFÍA

- 🔖 Arifin, S., & Muktyas, I. B. (2021). Generate a system of linear equation through unimodular matrix using Python and Latex (Vol. 2331). Presentado en The 2nd Science and Mathematics International Conference (SMIC 2020), AIP Publishing.
- 🔖 Arroyo, J., Mora, F., Eithel Rodríguez, & Porras, K. (2024). Parametrizando ejercicios con Python y LaTeX: una novedosa estrategia para generación de materiales de enseñanza y evaluación en matemáticas. Revista Digital: Matemática, Educación e Internet, 24(2), 1–15.

- Godoy Suárez, F., Rodríguez Mielgo, C., Cabrera Ortega, I. J., González Henríquez, J. J., & Rocha, J. (2017). Herramienta para el auto-aprendizaje de las Matemáticas en la Educación Superior. TestAutoEval. V Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el ámbito de las TIC.
- Gómez Déniz, E., González Martel, C., & Dávila-Cárdenes, N. (2017). Generación automática de exámenes tipo test con Mathematica y Moodle. V Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el ámbito de las TIC.
- Gómez González, F., & Vallez Fernández, C. M. (2020). Examen 3.0: Aplicación para la generación automática de exámenes complejos en plataforma Moodle. V Congreso Virtual Internacional de Educacion, Innovacion y TIC.
- Izquierdo Amo, R., García Osorio, C., Latorre Carmona, P., & Barbero Aparicio, J. A. (2021). Generación automática de preguntas cloze para cuestionarios Moodle sobre análisis léxico. Actas de las XXVII Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática, 6.
- Martínez Castro, A. E. (2017). Exámenes con corrección automática para la mejora de los sistemas de evaluación (artículo de congreso). 5th International Conference on Educational Innovation in Technical Careers.
- Orduz-Ducucara, J. A. (2013). Técnicas en informática educativa (TIE): LaTeX y Python (herramientas para la enseñanza de las ciencias). Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia, 8(15), 124–137.
- Peterson, J., Van Den Akker, B., Cumberland, R., Miller, P., & Banerjee, K. (2017). Unf-st&dards unified database and the automatic document generator. Nuclear Technology, 199(3), 310–319.
- Poore, G. M. (2015). PythonTeX: reproducible documents with LaTeX, Python, and more. Computational Science & Discovery, 8(1), 014010.
- Ramamonjison, R., Yu, T., Xing, L., Mostajabdeh, M., Li, X., Fu, X., ... Mao, K. (2023). LaTeX2Solver: a Hierarchical Semantic Parsing of LaTeX Document into Code for an Assistive Optimization Modeling Application (pp. 471–478). Presentado en Proceedings of the 61st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 3: System Demonstrations).
- Rodríguez, I. G., Rodríguez, G. P., & Bautista, R. L. (2020). Generación de ejercicios de matemáticas con solución paso a paso: construcción en Python e implementación en Moodle. Memorias de la XXV Reunión Nacional Académica de Física y Matemáticas, (25).
- Sharvit, Y. (2022). Data-Oriented Programming: Unlearning Objects. O'Reilly Media.
- Triantafyllidis, C. P., & Papageorgiou, L. G. (2018). An integrated platform for intuitive mathematical programming modeling using LaTeX. PeerJ Computer Science, 4, e161.
- Zampirolli, F., Batista, V., & Quilici-Gonzalez, J. A. (2016). An automatic generator and corrector of multiple choice tests with random answer keys (pp. 1–8). Presentado en 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), IEEE.
- Zampirolli, F., Teubl, F., & Batista, V. R. (2019). Online Generator and Corrector of Parametric Questions in Hard Copy Useful for the Elaboration of Thousands of Individualized Exams. (pp. 352–359). Presentado en Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2019).

ANÁLISIS DE CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DEL PREDESEÑO DEL PROYECTO VIADUCTO DE LA ROTONDA MOTO MÉNDEZ - TARIJA

ANALYSIS OF CRITERIA FOR THE DEFINITION OF THE PREDESIGN
OF THE MOTO MÉNDEZ ROTONDA VIADUCT PROJECT - TARIJA

Fecha de recepción: Diciembre 2023 | Fecha de aceptación: Abril 2024

Autores:

Yurquina Flores Luis Alberto¹

Urzagaste Gutiérrez Julio Neill²

Baldivieso Alarcón Giovanna³

¹Ingeniero Civil; M.Sc. Docente titular del Departamento de Topografía y Vías de Comunicación, UAJMS.

²Ingeniero Civil, M.Sc., Docente del Departamento de Topografía y Vías de Comunicación, UAJMS.

³Arquitecta Urbanista, M.Sc., Investigador Independiente. Miembro del Instituto Boliviano de Urbanismo, IBU. Arquitecto Departamento de Infraestructura, UAJMS.

Correspondencia de los autores: yurquinaf17@yahoo.es¹, julioneill@gmail.com², giovi.baldi@gmail.com³

Tarija - Bolivia

RESUMEN

El proyecto de consolidación de viaductos subterráneos en la Avenida Jaime Paz, específicamente en el nodo de la rotonda de Moto Méndez, surge como respuesta a los problemas existentes relacionados con el tráfico vehicular y peatonal en esa zona. Actualmente, la rotonda presenta congestión vehicular debido a la convergencia de tres carriles de la Avenida Jaime Paz y la calle España de doble sentido. Durante las horas pico, se generan demoras significativas que afectan la fluidez del tráfico.

La falta de infraestructuras peatonales adecuadas, la ausencia de pasos seguros, aceras continuas, la velocidad de los vehículos ponen en riesgo la seguridad y la movilidad peatonal.

Desviando el tráfico vehicular bajo tierra, manteniendo el espacio de los carriles existentes, reducirá la congestión y se mejorará la fluidez del tráfico en la rotonda. Al mismo tiempo, se crearán espacios peatonales seguros, accesibles y bien señalizados, promoviendo la movilidad y la seguridad de los peatones, especialmente aquellos que se dirigen a la universidad.

En conclusión, la consolidación de viaductos subterráneos en la Avenida Jaime Paz, para crear una plaza peatonal en el sector de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho de Tarija, aportará a la ciudad la generación de un espacio para la gente que pueda ser cuna de varios proyectos urbanos e incluso inicio de intervenciones de ordenamiento vial para la red de transporte de la ciudad.

ABSTRACT

The project for the consolidation of subway viaducts on Avenida Jaime Paz, specifically at the Moto Méndez traffic circle node, arises as a response to existing problems related to vehicular and pedestrian traffic in that area. Currently, the traffic circle presents vehicular congestion due to the convergence of three lanes of Jaime Paz Avenue and the two-way España Street. During rush hour, significant delays are generated, affecting traffic flow.

The lack of adequate pedestrian infrastructure, the absence of safe crossings, continuous sidewalks, and the speed of vehicles put pedestrian safety and mobility at risk.

By diverting vehicular traffic underground, while maintaining existing lane space, congestion will be reduced and traffic flow at the traffic circle will be improved. At the same time, safe, accessible and well-marked pedestrian spaces will be created, promoting the mobility and safety of pedestrians, especially those heading to the university.

In conclusion, the consolidation of subway viaducts on Jaime Paz Avenue, to create a pedestrian plaza in the sector of the Juan Misael Saracho Autonomous University of Tarija, will provide the city with the generation of a space for people that can be the cradle of several urban projects and even the beginning of road planning interventions for the city's transportation network.

Palabras Clave: Viaducto, movilidad, intervención, peatonal, prediseño.

Keywords: Viaduct, mobility, intervention, pedestrian, pre-design.

1. INTRODUCCIÓN

Un Viaducto es una estructura vial que tiene el objetivo de facilitar el paso de vehículos de forma ininterrumpida y segura; el mismo puede constituir uno o varios carriles diseñados de acuerdo a criterios y estudios relacionados al tráfico vehicular y peatonal.

La Rotonda del Moto Méndez Ubicada en la avenida denominada de primer orden Jaime Paz Zamora, en la ciudad de Tarija es una vía principal que tiene características interesantes que se pueden describir como:

- Tiene tres vías consideradas de alta velocidad y alto flujo vehicular.
- Vincula la zona norte con el sur de la ciudad.
- En toda su extensión tiene un Sistema de Rotondas que viabilizan el flujo vehicular.
- Tiene una apariencia pintoresca con vegetación diversa.
- Fue la primera avenida consolidada dentro de la ciudad y es evidencia irrefutable de planificación urbana.

La Rotonda de Moto Méndez resulta ser un hito importante para la ciudad de Tarija, que contiene el monumento de Eustaquio Méndez, personaje histórico. Es un importante punto de intersección, símbolo de orgullo para la población tarijeña, un lugar de encuentro y reunión para los habitantes.

2. ANÁLISIS

En diferentes sectores de la avenida, existen edificaciones importantes tanto públicas como privadas de gran relevancia económica, social, educacional, de espaciamiento, servicios, cultural, histórico patrimonial, etc. de mucha historia.

Claro ejemplo es el Edificio central de la Universidad el Rectorado, declarado patrimonio, así como el frontis de la ciudad universitaria (El Tejar), donde se

encuentran la mayoría de las carreras universitarias, laboratorios, auditorios y el coliseo universitario, entre otras infraestructuras (Capítulo VI de los Símbolos de Identidad Institucional del Estatuto Orgánico de la UAJMS, aprobado el 13 de agosto de 2004, a través de la Resolución del Honorable Consejo Universitario N.º 005/04, Artículo N.º 13).

El flujo peatonal también incrementó en diferentes sectores de la avenida. Donde gran número de personas transitan y cruzan por esas zonas. Sobre todo, en puntos de educación, esparcimiento y turismo. Ejemplificando el Puente San Martín principal nodo estratégico, que vincula a los distritos 12 y 13 con el centro de la ciudad, además de colindar con el sector gastronómico tradicional de la ciudad, Parque la Costanera, la García Ágreda, Colegio Liceo Tarija, Campus de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Para enfatizar en el problema del cruce peatonal y vehicular colindante al Campus Universitario el Tejar, que para el presente estudio es el más relevante, se necesita resaltar, que, según fuente de la Dirección de Tránsito del Gobierno Autónomo Municipal de Tarija, el promedio de vehículos diarios es de 100.000, pero que, durante el tráfico máximo se tiene 200.000 vehículos diarios. Siendo el mayor problema durante horas pico: 7:00 a 9:00 a.m. y de 17:00 a 19:00 p.m. Respecto al flujo peatonal según fuente de la Dirección de Tránsito del Gobierno Autónomo Municipal de Tarija, el promedio diario del flujo peatonal es de 15.000 personas diarias pero que, se llega a tener como flujo peatonal máximo 30.000 personas diarias. Sobre todo, en horas pico: 7:00 a 9:00 a.m. y de 17:00 a 19:00 p.m.

Tras la pandemia y el retorno a las actividades académicas presenciales, se incrementó de manera considerable el número de estudiantes en la Universidad, ya que según datos de la Secretaría de Desarrollo Institucional UAJMS, en la presente gestión 2023 se cuenta con 23.579 estudiantes de los cuales 18.797 cursan en predios dentro del Campus univer-

sitario. Lanzando cifras respecto a los docentes se cuenta con 988 docentes, de los cuales 827 dictan clases en predios del campus. Sumando un total de 19.624 usuarios entre docentes y estudiantes, sin contar con el personal administrativo, de servicios y de los diferentes quiscos del campus.

Con los números corroborados en las diferentes fuentes, es evidente que la cantidad de personas que transitan por este punto, tanto en motorizados como a pie superan la misma capacidad de la rotonda y de las vías. Lo que perturba al flujo funcional que debe tener una rotonda de estas características.

La presencia de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho en el sector, influye en el flujo vehicular, el ingreso y salida de los diferentes usuarios requiere de los servicios del transporte público, además de soluciones óptimas para los vehículos particulares que usan la avenida como una vía de circulación rápida. Según fuente y aforos proporcionados por el GAMT, todas las líneas de transporte público y taxi trufis pasan por la universidad, a lo cual asociamos evidentemente a la carga y descarga de pasajeros. El problema y caos generado es por la falta de señalización pertinente en el sector, paradas establecidas con las dimensiones debidas, falta de educación vial y respeto a los peatones y ciclistas.

3. OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo, fue diseñar una propuesta a nivel Prediseño, integral, que considere la Rotonda de Moto Méndez y su área de influencia; mediante un viaducto, que mantenga la armonía funcional y con el contexto de la Avenida Jaime Paz.

4. APORTES

El aporte teórico del trabajo está basado en las ciencias que se ocupan tanto la Arquitectura y Urbanismo como la Ingeniería Civil, en sus respectivas especiali-

dades; asimismo, la factibilidad se presenta cuando las estructuras planteadas son simples y discretas, evitando la imagen de las masas de hormigón en una avenida cuyo paisajismo es una característica fundamental de la ciudad tarijeña.

Para respaldo de la propuesta, en las diferentes etapas, tanto de recopilación, estudio, análisis, prediseño y cálculo, se recurrió a profesionales de diferentes áreas, apoyo de los diferentes laboratorios, secretarías, unidades administrativas de la UAJMS, así también, a instituciones a nivel nacional como la ABC caminos y el "GAMT" Gobierno Autónomo Municipal de Tarija, mediante las diferentes unidades, como aliados estratégicos en una intervención de este carácter.

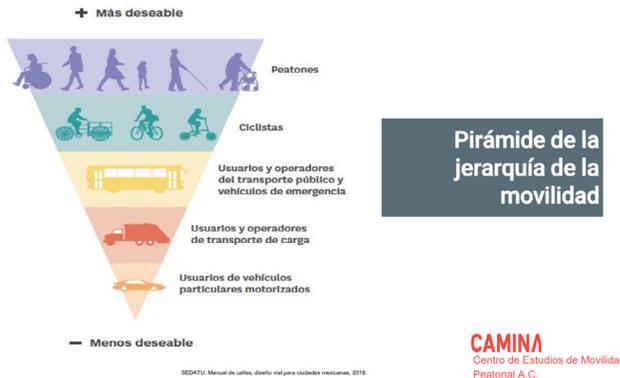
5. CRITERIOS Y MÉTODOS

La crisis vial de la rotonda de Moto Méndez está presente hace muchos años, la elevada inseguridad ha desencadenado en accidentes fatales, cobrando vidas tanto de personas transeúntes como de conductores y pasajeros que circulan por este nodo.

Con el pasar de los años varias entidades, entre ellas la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Gobierno Autónomo Municipal de Tarija y Gobierno Departamental de Tarija, además de otros particulares, se han ido pronunciando sobre posibles soluciones que se pueden aplicar; sin embargo, la mayoría de ellas trata de soluciones parciales que se enfocan en mayor señalización, en solucionar el cruce del peatón mediante un sistema de pasarelas, paso a desnivel peatonal subterráneo, etc.

Empleando la jerarquía de la pirámide invertida de la movilidad, puntualizamos que, desde el sector de intervención sobre la Av. Jaime Paz, se debía priorizar al Peatón, en segundo lugar, al ciclista, seguidamente al transporte público, transporte de carga y vehículos particulares.

Imagen 1: Pirámide de la Jerarquía de la movilidad.
SEDATU. Manual de diseño de Calles.



Fuente: Centro de Estudios de Movilidad Peatonal.

Era imprescindible entonces hacer el cuestionamiento ¿De qué forma se puede establecer una estructura con una solución integral, tanto de peatones como de vehículos?, que conduce entonces a definir los criterios condicionantes para un diseño integral, estos se pueden citar como:

- Priorización del peatón.
- Solución de flujo vehicular.
- Simplicidad de la estructura.
- Costo racional.
- Menor impacto ambiental

Por otro lado, "Las calles son para las personas, no para los coches". Jan Gehl, Urbanista.

Imagen 2: Importancia y priorización del peatón



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

CRITERIO 1:

PRIORIZACIÓN DEL PEATÓN

El elevado flujo peatonal que circula y cruza alrededor de la Rotonda de Moto Méndez es bastante significativo. Las personas que

Diariamente transitan por la zona, se encuentran vulnerables ante accidentes graves o incluso fatales, por lo que los pone como prioridad. Es así que se considera como el primer criterio.

Según el artículo "La importancia de priorizar al peatón en las ciudades" del sitio web de la Organización Mundial de la Salud, "Los peatones son los usuarios más vulnerables de las calles y carreteras urbanas. Por ello, es fundamental priorizar su seguridad y comodidad".

Imagen 3: Vista Superior Prediseño Ingreso avenida Jaime Paz



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

Ante el primer criterio mediante la propuesta considera la peatonalización sobre el nivel actual de la avenida, proporcionando un espacio de circulación amplio, con diversidad de posibilidades, tanto la generación de espacios de esparcimiento como el incremento de vegetación urbana con un diseño paisajístico respectivo. Para ello se dispone la parte superior como un lugar de paseo y tránsito de peatones y ciclistas por la propuesta de continuidad de la ciclo vía urbana, además de mantener las características urbanas actuales en consonancia al lenguaje urbano de la avenida. Conservando los árboles existentes de la avenida, contemplado la reposición y masificación de vegetación y manteniendo el sector del Busto de Moto Méndez ya que son elementos identitarios de la ciudad y que brindan armonía superficial de la avenida.

Imagen 4: Perspectiva Ingreso Campus Universitario. Av. Jaime Paz



*Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldvieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste.*

Imagen 5: Vista sector peatonal generado sobre Viaducto



*Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldvieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste.*

Imagen 6: Recorrido peatonal Av. Jaime Paz



*Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldvieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste*

Imagen 7 y 8: Sector peatonal de acceso frontal a la UAJMS



*Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldvieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste.*

CRITERIO 2:

SOLUCIÓN DEL FLUJO VEHICULAR.

Como segundo criterio de gran relevancia, están los vehículos de transporte público y privado que circulan por la rotonda. Situación que se hace insostenible por el rebase de la capacidad de la rotonda y pone en riesgo a los usuarios universitarios, miembros de barrios aledaños y población en general.

Imagen 9: Situación de cruce actual. Av. Jaime Paz



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 10: Situación de cruce actual. Av. Jaime Paz



Fuente: Fotografía extraída Periódico Digital El País.

La actual funcionalidad de la rotonda, define que existen los siguientes movimientos:

- Movimiento longitudinal por las vías de la avenida Jaime Paz Zamora (tres carriles, donde el carril del medio es unidireccional). La rotonda y sus múltiples accesos, interfieren en la velocidad de recorrido de las vías.
- Movimiento transversal por las vías que cruzan la avenida. Siendo estas las que conectan entre los barrios.

Considerando que estas vías son las que, mayor complejidad traen por la cantidad de personas que requieren desplazarse por el sector.

Estos cruces por las intersecciones transversales, ingresos y salidas desde la avenida Jaime Paz, tienen una fuerte incidencia en la manera de circular por el sector, ya que conectan la ciudad de norte a sur y viceversa. Calle España de doble dirección y calle Daniel Sossa.

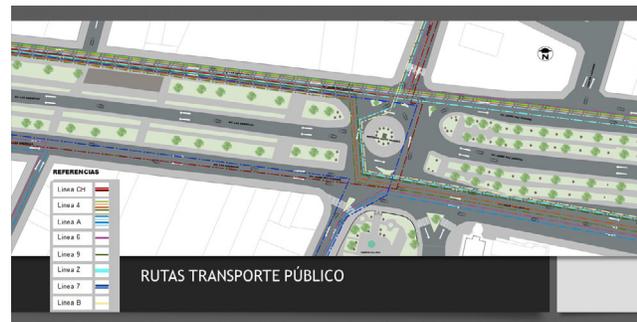
Imagen 11: Análisis de trayectoria de vehículos por la rotonda de Moto Méndez Tarija.



ANÁLISIS DE TRAYECTORIAS CONJUNTO

Fuente: Unidad de proyectos. SDI. UAJMS. 2019

Imagen 12: Análisis de líneas de buses por la rotonda de Moto Méndez Tarija.



RUTAS TRANSPORTE PÚBLICO

Fuente: Unidad de proyectos. SDI. UAJMS. 2019

Estos diferentes movimientos de los cruces por la calle Daniel Sossa y Calle España, los cruces, ingresos y salidas son los que ocasionan el congestionamiento de la rotonda de Moto Méndez. Riesgos asociados a accidentes de tránsito, además de la dosis de riesgo de choques entre vehículos y atropellos a personas que pasan por la rotonda.

Para poder ahondar en estos movimientos, se recurrió a la revisión de datos del Gobierno Autónomo Municipal de Tarija, asimismo, a estudios realizados por la Superior casa de Estudios UAJMS, que permitió analizar y considerar los diferentes modos de circulación de transporte.

Con ello, los diferentes modos de solución; la longitudinal y la transversal, las cuales deben independizarse en su funcionalidad.

Solución longitudinal: Es exclusiva para vehículos

y se fundamenta en mantener una continuidad de movimiento al pasar por la zona de la rotonda; en tal sentido, queda bajar el nivel de la rasante ya sea de dos o tres vías, que conserven su actual ancho y dirección de movimiento.

Esta subdivisión origina diferentes alternativas de solución que tienen sus variantes, pero que parten de los mismos criterios de priorización.

Relatando en el artículo solamente las dos últimas alternativas ajustadas acorde a las observaciones, sugerencias y recomendaciones de los diferentes actores que intervinieron en el proyecto.

Imagen 13 y 14: Solución longitudinal



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

Imagen 15 y 16: Solución longitudinal Avenida Jaime Paz
Carril anexo a la UAJMS



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

Solución transversal: considerando la apertura de jardineras y ensanchamiento de calles para mejorar la circulación, así también el apoyo con señalética vertical y horizontal y semaforización.

Imagen 17: Solución transversal. Calle Eulogio Ruiz



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

Imagen 18: Solución transversal. Calle Daniel Sossa



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

CRITERIO 3:

SIMPLICIDAD DE ESTRUCTURAS

La Avenida tiene características particulares, entre ellas el paisaje armonioso y simbólico, lo que se desea precautelar con las intervenciones de solución.

Lo que lleva a consolidar que las estructuras del proyecto sean discretas en su presentación; esto significa no disponer moles de hormigón que además de ser costosas afectaran el aspecto actual de la avenida, lo que se quiere evitar.

Imagen 19: Corte Transversal. Av. Jaime Paz.



Fuente: Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina
e Ing. J. Urzagaste. Diseño urbano, peatonal 2D 3D
Arq. G. Baldivieso

Imagen 20, 21 y 22: Perspectiva viaducto Carril del Medio



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

Imagen 23: Perspectiva Viaducto Carril adjunto a la UAJIMS (Carril 1)



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

Dando continuidad al lenguaje de la avenida, conservando el busto de Moto Méndez y recuperando el sector para el ciudadano, con la consolidación de un área de magnitud peatonal, que permitirá generar diferentes espacios para los universitarios y población en general, masificar jardines y áreas verdes, que a la vez aporten un atractivo para turistas.

a la premisa que con el proyecto se puede dar pie a nuevas intervenciones urbanas a nuevos proyectos urbanos dentro del área a consolidar.

- Las propuestas deben proponer compensación de áreas verdes, disposición de vegetación alta, media y baja, que no modifiquen el paisaje de la zona.

Imagen 25, 26, 27 y 28: Perspectiva jardineras y espacios verdes que se mantiene y posibles a proyectar.



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

CRITERIO 4:

COSTO RACIONAL.

Para la concepción de las propuestas se contempló soluciones a largo plazo que impliquen una inversión monetaria razonable y viable.

Imagen 24: Presupuesto Estimado para cada Alternativa analizada.

| PROPUESTAS | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 3 |
|-----------------------|--|--|
| PRESUPUESTO BS | 49,361,038.11 | 33,577,570.84 |
| VENTAJAS | Solución vehicular longitudinal y transversal Solución peatón al 100% Incorporación de paradas para transporte público Ampliación de Aceras Generación de espacios de esparcimiento Continuidad de ciclovías Distribución de áreas verdes Incorporación de semaforización para cruces Contribuye a la imagen urbana de la ciudad y de la avenida | Solución vehicular longitudinal Solución peatonal complementaria con pasos de cebra y semaforización Incorporación de paradas para transporte público Ampliación de Aceras Generación de espacios de esparcimiento Continuidad de ciclovías Distribución de áreas verdes Contribuye a la imagen urbana de la ciudad y de la avenida |
| DESVENTAJAS | Presenta mayor costo | No resuelve al 100% lo peatonal No soluciona cruces transversales, debido a que la vía que permanece a nivel habilita ingresos y salidas, que deben ser administrados con semáforos. |

Fuente: Elaboración comisión técnica. Ing. L. Yurquina.
Ing. J. Urzagaste y Arq. G. Baldivieso.

CRITERIO 5:

MEDIO AMBIENTE

Como quinto criterio, de igual relevancia que los anteriores, se establece que las propuestas deben generar el menor daño ambiental. Donde una premisa fundamental es precautelar la vegetación existente, asimismo, en caso de retiro, se debe proceder a la reposición y masificación de la vegetación, con el fin de mantener la esencia del sector. Lo que nos recae

6. ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Desde la concepción del proyecto se analizaron profundamente las 3 primeras alternativas de las cuales se puntualizarán únicamente dos, excluyendo una que contemplaba la inclusión de pasarelas de conexión. Previamente a la definición de las propuestas a pre diseño para financiamiento se analizaron diversas posibilidades de intervención que parten desde:

1. Intervención con Señalética vertical y horizontal
2. Pasarela Peatonal
3. Paso peatonal subterráneo
4. Viaducto con un nudo
5. Viaducto de dos vías paralelas
6. Viaducto de dos vías con apertura de calle España
7. Viaducto de dos vías con apertura de vía frontis campus universitario
8. Viaducto con tres vías paralelas
9. Viaducto de tres vías con apertura calle España
10. Viaducto de tres vías con apertura de vía Frontis Campus universitario
11. Viaducto de tres vías con pasarelas

Imagen 29: Alternativas Analizadas para la intervención en el Sector. 1 SemafORIZACIÓN y 2 Pasarela Peatonal



Fuente: Análisis de intervención Comisión técnica base. Arq. G. Baldivieso. Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

Imagen 30: Alternativas Analizadas para la intervención en el Sector. Paso desnivel subterráneo



Fuente: Extraída de la Unidad de Proyectos e Infraestructura UAJMS. Elaboración 2018.

Imagen 31: Alternativas Analizadas para la intervención en el Sector. Viaducto con nudo vial.



Fuente: Análisis de intervención Comisión técnica base. Arq. G. Baldivieso. Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

Imagen 32: Alternativas Analizadas para la intervención en el Sector. Dos y Tres carriles de Viaductos.



Fuente: Análisis de intervención Comisión técnica base. Arq. G. Baldivieso. Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

Imagen 33: Alternativas Analizadas para la intervención en el Sector. Viaducto con Cruce transversal.



Fuente: Análisis de intervención Comisión técnica base. Arq. G. Baldivieso. Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

Imagen 34: Alternativas Analizadas para la intervención en el Sector. Otras alternativas.



Fuente: Análisis de intervención Comisión técnica base. Arq. G. Baldivieso. Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

7. CONSOLIDADAS

Las alternativas concebidas parten desde el análisis espacial y del contexto urbano, si bien el punto del proyecto es en la rotonda, se define un radio de intervención que abarca un área de magnitud.

Dentro del Radio de intervención para el funcionamiento del proyecto se requiere el reordenamiento vial para establecer de manera acertada las paradas para el transporte público.

Imagen 35: Análisis radio de intervención urbana.



Fuente: Análisis de intervención Comisión técnica base. Arq. G. Baldivieso.

El proyecto involucró varios actores e instituciones a nivel nacional y departamental, que aportaron de diferente manera, ajustando el prediseño.

Para el financiamiento estatal se consolidó las más viables e integrales.

Que contienen:

- Estructuras enterradas, cajones de hormigón bajo la superficie, generando huecos discretos de ascenso y descenso. Muros de hormigón, que sostienen los rellenos laterales y mantienen las jardineras correspondientes, evitando así los posibles daños ecológicos del lugar.
- Las propuestas consolidadas del pre diseño contienen una cubicación de cada uno de los componentes estructurales. El presupuesto empleó precios unitarios de la ABC, quienes apoyaron con referencia para esta concepción.

LA ALTERNATIVA 1:

Contempla la generación de tres viaductos paralelos.

Esta alternativa responde a bajar la rasante de las tres vías, donde se dispondrán tres estructuras tipo cajón enterradas, la longitud de cada cajón es de 90 metros y los accesos de entrada y salida a los mismos. El ancho de las vías del viaducto es de 7,50 metros; la pendiente de acceso entre 4 a 8%. esta disposición fácilmente define una velocidad de proyecto de 80 km/h.

Imagen 36: Perspectiva Alternativa con Tres viaductos, 100% Peatonalidad.



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

Imagen 37 y 38: Perspectiva Alternativa con Tres viaductos, 100% Peatonalidad.



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

Imagen 39: Perspectiva Alternativa con Tres viaductos, 100% Peatonalidad. Proyección posibilidades de espacio.



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

LA ALTERNATIVA 2:

La propuesta de dos viaductos paralelos con las mismas características de la Alternativa 1. La ubicación de los viaductos son en el carril central que tiene dirección norte - sur y el carril lateral colindante al barrio El Tejar y la Universidad. El tercer carril adyacente a Ex Codetar, se mantiene al nivel actual de vía, pero contempla el cambio parcial de dirección, desde la calle Daniel Sossa hasta la calle Federico Ávila, solamente de una dirección de Este a Oeste (en dirección a la Avenida La Paz). Lo que ayuda a consolidar paradas de transporte público, tanto para micros como taxi trufis y taxis.

Considera la intervención con semaforización y señalética vertical y horizontal, que ayudaran a que los cruces peatonales sean seguros.

Imagen 40: Perspectiva Alternativa con Dos viaductos.



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

Imagen. 41: Perspectiva Alternativa con Dos viaductos.



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

Imagen 42, 43, 44, 45 y 46: Perspectiva Alternativa con Dos viaductos. Proyección posibilidades de utilización de espacio.



Fuente: Diseño urbano, peatonal 2D 3D Arq. G. Baldivieso
Diseño vial, estructural: Ing. L. Yurquina y Ing. J. Urzagaste

8. ASPECTOS RELEVANTES

El proyecto surgió como una necesidad desde la comunidad universitaria, concebido desde la academia y recurrió al apoyo del Gobierno autónomo municipal quien tiene la competencia de abarcar temáticas de esta índole. La UAJMS gestionó y redobló esfuerzos, al tener la oportunidad de presentar el proyecto en diferentes reuniones ante el Ministerio de Obras Públicas en la Ciudad de la Paz y fue quien canalizó la oportunidad de financiamiento.

Desde entidades nacionales se estudió la necesidad del proyecto, se dispuso apoyo para la fase del prediseño, se subsanaron las diversas observaciones y realizó e incorporó aspectos acorde a los requerimientos y normativas vigentes en el país.

Lo que resultó en la selección de las alternativas previamente mencionadas.

Posterior a la definición de las alternativas, presentación ante entidades nacionales y entrega de documentos. Las propuestas del Prediseño del proyecto fueron dispuestas en el ministerio de Economía y Finanzas, donde se explicó el alcance del proyecto, el desarrollo del mismo. Considerando que sería una obra de magnitud necesaria para la población Tarijeña.

Mediante la representación nacional ante el ministerio, se logró el financiamiento parcial del proyecto, correspondiente a 15.000.000 millones de bolivianos. Con la tarea de buscar apoyo a nivel regional para completar el financiamiento de la obra.

El Gobierno Autónomo Municipal de Tarija, representada por el honorable alcalde municipal Jhonny Torrez Terzo, asumió el compromiso de aportar en conseguir financiamiento para la ejecución de tan ansiado proyecto.

Por lo que mediante el aporte de este artículo plasamos como comisión base, parte de la concepción de este proyecto que compete diferentes fases, desde la misma concepción, estudio y aún acciones y tareas por cumplir, e involucra diferentes actores.

9. RESULTADOS

- Estudio a nivel prediseño del Viaducto Rotonda de Moto Méndez (diferentes alternativas)
- Financiamiento a nivel estatal de 15 millones de bolivianos.
- Conformidad y apoyo del Gobierno Autónomo Municipal de Tarija GAMT
- Apoyo de los barrios El Tejar, Ex Terminal y Fátima
- Apoyo de la comunidad Universitaria.
- Proyecto a nivel de iniciativa urbana concebida con respaldo desde la Academia

10. BENEFICIARIOS

Se puede afirmar que los beneficiarios directos son más de 19.624 usuarios entre docentes y estudiantes que pasan clases en el campus universitario el Tejar, las 20.000 personas/día desde los Barrios alledaños que cruzan diariamente por el Sector de Intervención (Rotonda de Moto Méndez).

Todos los habitantes de los barrios el Tejar, la Terminal, Fátima que se beneficiarán con un espacio de esparcimiento de gran magnitud en el sector de intervención.

La población en general y aquellos que viven en el Departamento y vienen coyunturalmente a la ciudad; además de los visitantes y turistas que aprovecharán una estructura hermosa que ayuda a la circulación segura de esta tan prestigiosa avenida.

11. CONCLUSIONES

Por el contexto planteado se puede plantear las siguientes conclusiones.

- La proyección de la estructura cumple los cinco criterios establecidos para el prediseño.
- Se da la prioridad al peatón y se soluciona el tráfico vehicular mediante los viaductos.
- Se propone estructuras discretas que no rompen con la armonía urbanística de la ciudad.
- Se tienen alternativas económicas con soluciones integrales de vialidad urbana.

12. BIBLIOGRAFÍA

- 📖 Badillo Juárez – Rodríguez Rico. Mecánica de suelos. 3ra ed. México. D.F: Limusa Grupo Noriega Editores; 2002. (Volumen I).
- 📖 Braja M. Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica. Cuarta Edición. México: Cengage Learning; 2014. p 636.

- 📖 Braja M. Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica. México D.F: Thomson Learning; 2001.
- 📖 Crespo Villalaz Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5ª ed. México D.F: Limusa; 2004. p. 650
- 📖 Jaime Cárdenas Grisales. Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá D.C. abril 2007.
- 📖 Kraemer Carlos. Ingeniería de Carreteras. España. Madrid 2003
- 📖 Lambe T. William, Whitman V. Robert. Mecánica de suelos. 2da ed. México: Limusa; 2013. p. 584
- 📖 Nicholas J. Garber y Lester A Hoel. Ingeniería de Tránsito y Carreteras. México D.F: Thomson Learning; 2006.
- 📖 Rodríguez Rico Alfonso, Del Castillo Hermilo. La Ingeniería de suelos en las Vías Terrestres, Carreteras, ferrocarriles y aeropistas. México: Limusa Grupo Noriega Editores; 2003. (Volumen I).

NORMAS DE PUBLICACIÓN DE LA REVISTA CIENCIA SUR

1. ENVIÓ Y PRESENTACIÓN

- La Revista "CIENCIA SUR", recibe trabajos originales en idioma español. Los mismos deberán ser remitidos en formato electrónico en un archivo de tipo Word compatible con el sistema Windows y también en forma impresa.
- Los textos deben ser enviados en formato de hoja tamaño carta (ancho 21,59 cm.; alto 27,94 cm.) en dos columnas. El tipo de letra debe ser Arial, 10 dpi interlineado simple. Los márgenes de la página deben ser, para el superior, inferior e interior 2 cm. y el exterior de 1 cm.
- La extensión total de los trabajos para los artículos de investigación, científica y tecnológica tendrán una extensión máxima de 15 páginas (incluyendo la bibliografía consultada) y no tener una antigüedad mayor a los 5 años, desde la finalización del trabajo de investigación.
- Para los artículos de reflexión y revisión se tiene una extensión de 10 páginas. En el caso de los textos para los artículos académicos se tiene un mínimo de 5 páginas.
- Los trabajos de investigación (artículos originales) deben incluir un resumen en idioma español y en inglés, de no más de 250 palabras.
- En los trabajos de investigación científica y tecnológica, y en los artículos de revisión y de temas académicos deben incluirse de 3 a 5 palabras clave en cada caso.
- En cuanto a los autores, deben figurar en el trabajo todas las personas que han contribuido sustancialmente en la investigación. El orden de aparición debe corresponderse con el orden de contribución al trabajo, reconocién-

dose al primero como autor principal. Los nombres y apellidos de todos los autores se deben identificar apropiadamente, así como las instituciones de adscripción (nombre completo, organismo, ciudad y país), dirección y correo electrónico.

- La Revista "CIENCIA SUR", solo recibe trabajos originales e inéditos, que no hayan sido publicados anteriormente y que no estén siendo simultáneamente considerados en otras publicaciones nacionales e internacionales. Por lo tanto, los artículos deberán estar acompañados de una Carta de Originalidad, firmada por todos los autores, donde certifiquen la originalidad del escrito presentado.

2. FORMATO DE PRESENTACIÓN

Para la presentación de los trabajos se debe tomar en cuenta el siguiente formato para los artículos científicos:

- Título del Artículo. El título del artículo debe ser claro, preciso y sintético, con un texto de 20 palabras como máximo.
- Autores. Un aspecto muy importante en la preparación de un artículo científico, es decidir, acerca de los nombres que deben ser incluidos como autores, y en qué orden. Generalmente, está claro que quien aparece en primer lugar es el autor principal, además es quien asume la responsabilidad intelectual del trabajo. Por este motivo, los artículos para ser publicados en la Revista INVESTIGACIÓN & DESARROLLO, adoptaron el siguiente formato para mencionar las autorías de los trabajos.

Se debe colocar en primer lugar el nombre del autor principal, investigador, e investigador junior,

posteriormente los asesores y colaboradores si los hubiera. La forma de indicar los nombres es la siguiente: en primer lugar, debe ir los apellidos y posteriormente los nombres, finalmente se escribirá la dirección del Centro o Instituto, Carrera a la que pertenece el autor principal. En el caso de que sean más de seis autores, incluir solamente el autor principal, seguido de la palabra latina "et al", que significa "y otros" y finalmente debe indicarse la dirección electrónica (correo electrónico).

- Resumen y Palabras Clave. El resumen debe dar una idea clara y precisa de la totalidad del trabajo, incluirá los resultados más destacados y las principales conclusiones, asimismo, debe ser lo más in-formativo posible, de manera que permita al lector identificar el contenido básico del artículo y la relevancia, pertinencia y calidad del trabajo realizado.
- Se recomienda elaborar el resumen con un máximo de 250 palabras, el mismo que debe expresar de manera clara los objetivos y el alcance del estudio, justificación, metodología y los principales resultados obtenidos.
- En el caso de los artículos originales, tanto el título, el resumen y las palabras clave deben también presentarse en idioma inglés.
- Introducción. La comunicación, además resume el fundamento lógico del estudio. Se debe mencionar las referencias estrictamente pertinentes, sin hacer una revisión extensa del tema investigado.
- Materiales y Métodos. Debe mostrar, en forma organizada y precisa, como fueron alcanzados cada uno de los objetivos propuestos.
- La metodología debe reflejar la estructura lógica y el rigor científico que ha seguido el proceso de investigación desde la elección de un enfoque metodológico específico (preguntas con hipótesis fundamentadas corres-

pondientes, diseños muestrales o experimentales, etc.), hasta la forma como se analizaron, interpretaron y se presentan los resultados. Deben detallarse, los procedimientos, técnicas, actividades y demás estrategias metodológicas utilizadas para la investigación. Deberá indicarse el proceso que se siguió en la recolección de la información, así como en la organización, sistematización y análisis de los datos. Una metodología vaga o imprecisa no brinda elementos necesarios para corroborar la pertinencia y el impacto de los resultados obtenidos.

- Resultados. Los resultados son la expresión precisa y concreta de lo que se ha obtenido efectivamente al finalizar el proyecto, y son coherentes con la metodología empleada. Debe mostrarse claramente los resultados alcanzados, pudiendo emplear para ello cuadros, figuras, etc.
- Discusión. El autor debe ofrecer sus propias opiniones sobre el tema, se dará énfasis en los aspectos novedosos e importantes del estudio y en las conclusiones que pueden extraerse del mismo. No se repetirán aspectos incluidos en las secciones de Introducción o de Resultados. En esta sección se abordarán las repercusiones de los resultados y sus limitaciones, además de las consecuencias para la investigación en el futuro. Se compararán las observaciones con otros estudios pertinentes. Se relacionarán las conclusiones con los objetivos del estudio, evitando afirmaciones poco fundamentadas y conclusiones avaladas insuficientemente por los datos.
- Bibliografía Utilizada. La bibliografía utilizada, es aquella a la que se hace referencia en el texto, debe ordenarse en orden alfabético y de acuerdo a las normas establecidas para las referencias bibliográficas (Punto 5).

- Tablas y Figuras. Todas las tablas o figuras deben ser referidas en el texto y numeradas consecutivamente con números arábigos, por ejemplo: Figura 1, Figura 2, Tabla 1 y Tabla 2. No se debe utilizar la abreviatura (Tab. o Fig.) para las palabras tabla o figura y no las cite entre paréntesis. De ser posible, ubíquelas en el orden mencionado en el texto, lo más cercano posible a la referencia en el mismo y asegúrese que no repitan los datos que se proporcionen en algún otro lugar del artículo.
- El texto y los símbolos deben ser claros, legibles y de dimensiones razonables de acuerdo al tamaño de la tabla o figura. En caso de emplearse en el artículo fotografías y figuras de escala gris, estas deben ser preparadas con una resolución de 250 dpi. Las figuras a color deben ser diseñadas con una resolución de 450 dpi. Cuando se utilicen símbolos, flechas, números o letras para identificar partes de la figura, se debe identificar y explicar claramente el significado de todos ellos en la Leyenda.
- Referencias Bibliográficas. Las referencias bibliográficas que se utilicen en la redacción del trabajo; aparecerán al final del documento y se incluirán por orden alfabético. Debiendo adoptar las modalidades que se indican a continuación:
 - Referencia de Libro
 - Apellidos, luego las iniciales del autor en letras mayúsculas. Año de publicación (entre paréntesis). Título del libro en cursiva que, para el efecto, las palabras más relevantes las letras iniciales deben ir en mayúscula. Editorial y lugar de edición.
 - Tamayo y Tamayo, M. (1999). El Proceso de la Investigación Científica, incluye Glosario y Manual de Evaluación de Proyecto. Editorial Limusa. México.
 - Rodríguez, G., Gil, J. y García, E. (1999). Metodología de la Investigación Cualitativa. Ediciones Aljibe. España.
 - Referencia de Capítulos, Partes y Secciones de Libro.
 - Apellidos, luego las iniciales del autor en letras mayúsculas. Año de publicación (entre paréntesis). Título del capítulo de libro en cursiva que para el efecto, las palabras más relevantes las letras iniciales deben ir en mayúscula. Colocar la palabra, en, luego el nombre del editor (es), título del libro, paginas. Editorial y lugar de edición.
 - Reyes, C. (2009). Aspectos Epidemiológicos del Delirium. En M. Felipe. y O. José (eds). Delirium: un gigante de la geriatría (pp. 37-42). Manizales: Universidad de Caldas
 - Referencia de Revista.
 - Autor (es), año de publicación (entre paréntesis), título del artículo, en: Nombre de la revista, número, volumen, paginas, fecha y editorial.
 - López, J.H. (2002). Autoformación de Docentes a Tiempo Completo en Ejercicio. En Ventana científica, N° 2. Volumen 1. pp 26 — 35. Abril de 2002, Editorial Universitaria.
 - Referencia de Tesis. Autor (es). Año de publicación (entre paréntesis). Título de la tesis en cursiva y en mayúsculas las palabras más relevantes. Mención de la tesis (indicar el grado al que opta entre paréntesis). Nombre de la Universidad, Facultad o Instituto. Lugar.
 - Página Web (World Wide Web).
 - Autor (es) de la página. (Fecha de publicación o revisión de la página, si está disponible). Título de la página o lugar (en cursiva). Fecha de consulta (Fecha de acceso), de (URL — dirección).

- Puente, W. (2001, marzo 3). Técnicas de Investigación. Fecha de consulta, 15 de febrero de 2005, de <http://www.rppnet.com.ar/tecnicas-deinvesti-gacion.htm>
- Duran, D. (2004). Educación Ambiental como Con-tenido Transversal. Fecha de consulta, 18 de febrero de 2005, de <http://www.ecoportal.net/content/view/ful1/37878>
- Libros Electrónicos. Autor (es) del artículo ya sea institución o persona. Fecha de publicación. Título (palabras más relevantes en cursiva). Tipo de medio [entre corchetes]. Edición. Nombre la institución patrocinante (si lo hubiera) Fecha de consulta. Disponibilidad y acceso. Ortiz, V. (2001). La Evaluación de la Investigación como Funciona Sustantiva. [Libro en lineal Serie Investigaciones (ANUIES). Fecha de consulta: 23 febrero 2005. Disponible en: <http://www.anui.es.mx/index800.html>
- Referencias de Citas Bibliográficas en el Texto. Para todas las citas bibliográficas que se utilicen y que aparezcan en el texto se podrán asumir las siguientes formas:
- De acuerdo a Martínez, C. (2010), la capacitación de docentes en investigación es tarea prioritaria para la Universidad.
- En los cursos de capacitación realizados se pudo constatar que existe una actitud positiva de los docentes hacia la investigación (Fernández, R. 2012).
- En el año 2014, Salinas, M. indica que la de capacitación en investigación es fundamental para despertar en los docentes universitarios, la actitud por investigar.

3. DERECHOS DE AUTOR

Los conceptos y opiniones de los artículos publicados son de exclusiva responsabilidad de los autores. Dicha responsabilidad se asume con la sola publicación del artículo enviado por los autores. La concesión de Derechos de autor significa la autorización para que la Revista "CIENCIA SUR", pueda hacer use del artículo, o parte de él, con fines de divulgación y difusión de la actividad científica y tecnológica. En ningún caso, dichos derechos afectan la propiedad intelectual que es propia de los(as) autores(as). Los autores cuyos artículos se publiquen recibirán un certificado y 1 ejemplar de la revista donde se publica su trabajo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
JUAN MISAEL SARACHO



DICYT
Departamento de Investigación,
Ciencias y Tecnología - UAJMS

Revista **CIENCIA SUR**

Tarija - Bolivia