



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
"JUAN MISAEL SARACHO"**



**FACULTAD DE CIENCIAS  
Y TECNOLOGÍA**

# **CIENCIA SUR**

**Vol. 2 N° 3 Diciembre 2016**

**ISSN 2518 - 4792**



**Revista Facultativa de  
Divulgación Científica**

**TARIJA - BOLIVIA**



## Revista Facultativa de Divulgación Científica

# CONSEJO EDITORIAL



M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez  
**Decano Facultad de Ciencias y Tecnología**

M. Sc. Ing. Henry Monzon De los Rios  
**Docente Dpto. de Hidráulica y Obras Sanitarias**

M. Sc. Ing. René Michel Cortes  
**Director Dpto. de Procesos Industriales Biotecnológicos y Ambientales**

Dr. Ing. Alberto Benitez Reynoso  
**Docente Dpto. Estructuras y Ciencias de los Materiales**

Arq. Jessica Baldivieso Alarcon  
**Docente Dpto. de Arquitectura y Urbanismo**

**Editor: M. Sc. Ing. Silvana Sandra Paz Ramírez**  
Vicedecana de la Facultad de Ciencias y Tecnología  
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho"  
[cienciasur@ujms.edu.bo](mailto:cienciasur@ujms.edu.bo)

# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

## **CIENCIA SUR**

Revista Facultativa de Divulgación Científica  
Diciembre, 2016

M.Sc. Lic. Javier Blades Pacheco  
**RECTOR SUBROGANTE**

Dr. Carlos Kuncar Justiniano  
**VICERRECTOR**

### **Autoridades Facultativas**

M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez  
**Decano de la Facultad de Ciencias y Tecnología**

M.Sc. Ing. Silvana Paz Ramirez  
**Vicedecana de la Facultad de Ciencias y Tecnología**

### **Edición**

Facultad de Ciencias y Tecnología

### **Editor**

M.Sc. Ing. Silvana Sandra Paz Ramírez

Correo electrónico: cienciasur@uajms.edu.bo

### **Reservados todos los derechos**

Esta revista no podrá ser reproducida en forma alguna, total y parcialmente, sin la autorización de los editores.

El contenido de esta revista es responsabilidad de los autores.

### **Impresión:**

Publicación financiada por el proyecto **“Fortalecimiento de la Difusión y Publicación de Revistas Científicas en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”**

# EDITORIAL

**L**os procesos que rigen el orden de la naturaleza, están tan bien diseñados y programados, que siempre se las arreglan para llevar a cabo sus tareas con un mínimo de esfuerzo y gasto de energía. Es decir, la naturaleza es sabia y funciona con una facilidad libre de esfuerzos, buscando siempre simplificar los procesos. Entendiendo que cada una de estas leyes, aporta y contribuye de alguna manera en cada uno de sus procesos, se puede observar y valorar la simplicidad y la elegancia de la propia naturaleza.

Es interesante ver cómo estas leyes de la física tan simples como la Ley del Mínimo Esfuerzo, la Ley de la Conservación de la Energía o la Tercera Ley de Newton sobre el principio de acción y reacción, funcionan tan acertada y ordenadamente en la naturaleza. Pero para el caso del comportamiento humano, parecen invertirse, es decir la Ley del Mínimo Esfuerzo se cruza y combina con el principio de inercia, que dice que todo sistema tiende a mantener su estado actual a menos que una fuerza externa lo obligue a cambiar. Como tendemos a minimizar el gasto de energía, nos cuesta obligarnos a hacer los esfuerzos necesarios que provocarán los cambios. La tendencia humana de buscar las sensaciones agradables y evadir las desagradables, nos demuestra la cómoda actitud de caer en placeres inmediatos y conseguidos con mínimo esfuerzo, pero que son triviales y superficiales.

En la Universidad los procesos de enseñanza-aprendizaje y de investigación, están comprometidos con estas leyes de la física. Ambos procesos, requieren de una lucha y un trabajo constante en contra de esa ley del mínimo esfuerzo que desmotiva y tiende a minimizar el gasto de energía. Las tareas y obligaciones que se impongan docentes y estudiantes deberían estar impregnadas de un compromiso de trabajo y un cambio de actitud en la que las leyes de la física fluyan como en la naturaleza y contribuyan a alcanzar mejores resultados tanto personales como institucionales, en vez de convertirse en leyes que niegan e inhiben el crecimiento explosivo del conocimiento y postergan el desarrollo y avance científico de toda una sociedad.

Ernesto Álvarez Gozalvez  
**Docente de la Facultad de  
Ciencias y Tecnología**

# CONTENIDO

Pág.

Propuesta de Metodología de Inspección General y Visual de Puentes de Hormigón Armado Aplicado al Camino Quebradas las Vacas – Salinas

**Ramos Huarachi Jesús Manuel; Gamarra Mendoza Mario Carmelo; Mamani Tórrez Jairo**

1

Análisis de la Estructura Interna de las Mezclas Asfálticas a Partir de Tomografías Computarizadas de Rayos – X

**Armella Maria Ximena; Orgaz Fernandez Jhonny; Alvarez Alex E.**

16

Simulación de uso del Sistema SMACUS en la UAJMS

**Jalil Angulo Raquel**

26

Obtención de Bioetanol por Hidrólisis Enzimática del Almidón de Papa Cardenal

**Huayta Mamani Braulio Wilfor**

35

Estudio de la Adherencia en la Unión de Hormigón Nuevo con Hormigón Viejo en Vigas de Hormigón Sometidas a Flexión

**Valdez Rodríguez Luis Fernando**

44

Análisis del Índice del Costo de la Construcción en una Vivienda Tipo Unifamiliar (Año Base 2013) en la Ciudad de Tarija en los Años 2013 – 2014

**Colodro Mendivil Ivar Fernando**

51



# **ARTÍCULOS CIENTÍFICOS**

# PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN GENERAL Y VISUAL DE PUENTES DE HORMIGÓN ARMADO APLICADO AL CAMINO QUEBRADAS LAS VACAS – SALINAS

Ramos Huarachi Jesús Manuel <sup>1</sup>; Gamarra Mendoza Mario Carmelo <sup>2</sup>; Mamani Tórrez Jairo <sup>3</sup>

<sup>1</sup>. Ing. Civil – Investigador Junior - Facultad de Ciencias y Tecnología – UAJMS - Tarija, Bolivia

<sup>2</sup>. Ing. Civil – Docente Departamento de Obras Hidráulicas y Sanitaria – Carrera de Ing. Civil Facultad de Ciencias y Tecnología – UAJMS - Tarija, Bolivia

<sup>3</sup>. Investigador Junior – Carrera de Ing. Civil – Facultad de Ciencias y Tecnología - UAJMS - Tarija, Bolivia

Correo electrónico: ernesto-217@hotmail.com

## RESUMEN

El presente trabajo trata de una propuesta metodológica para la evaluación de patologías en puentes de Hormigón Armado, basados en una inspección visual. Si bien existen diferentes métodos propuestos por distintas instituciones, dicho análisis se lo realiza de forma cualitativa, por lo que es necesario tener conocimiento y a su vez experiencia para tomar la decisión de acciones a tomar luego de la inspección. En este trabajo se presenta una alternativa análisis tanto en forma cualitativa como cuantitativamente y de esa forma tener una idea de las acciones necesarias que se requieren en el puente en estudio. Los resultados obtenidos mediante esta propuesta de análisis no son absolutos, sino que son para mostrar una idea de las acciones a adoptar en el puente en estudio.

## ABSTRACT

The present work deals with a methodological proposal for the evaluation of pathologies in bridges of Armed Concrete, based on a visual inspection. Although there are different methods proposed by different institutions, this analysis is done in a qualitative way, so it is necessary to have knowledge and experience to take the decision of actions to take after the inspection. In this work, an alternative analysis is presented both qualitatively and quantitatively and thus to have an idea of the necessary actions that are required in the bridge under study. The results obtained by this proposal of analysis are not absolute, but are to show an idea of the actions to adopt in the bridge under study.

## INTRODUCCIÓN

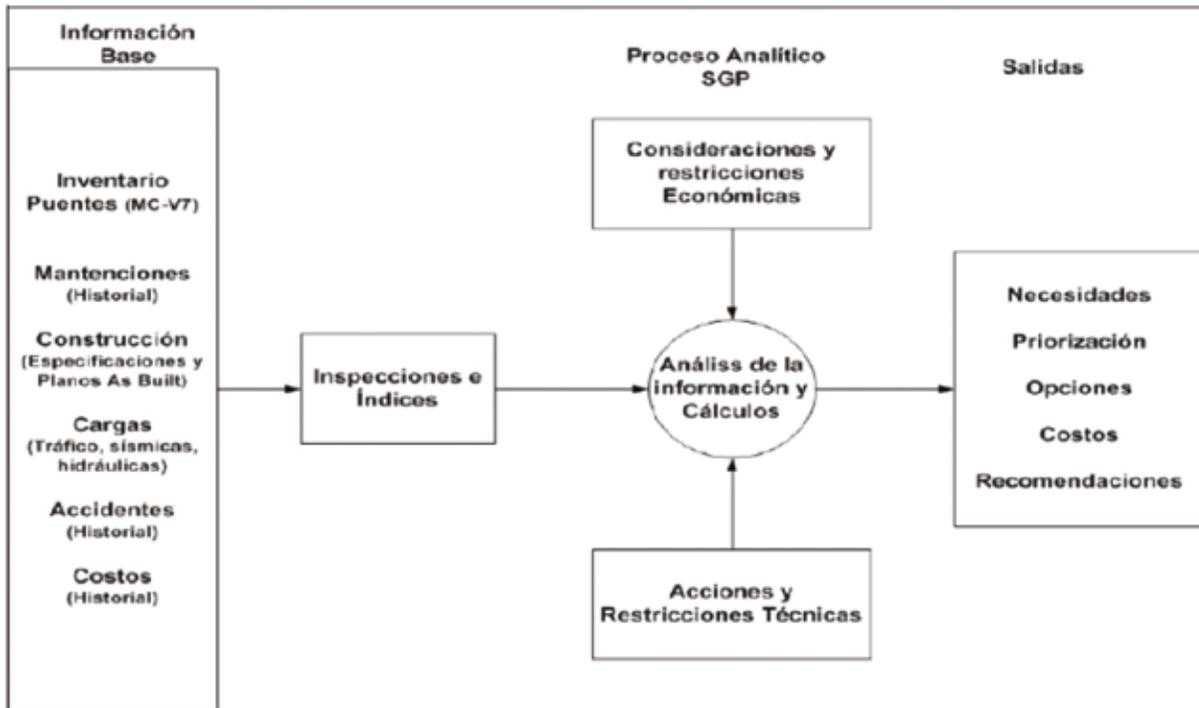
Los puentes son, junto a los túneles, las estructuras de mayor costo de construcción y mantenimiento dentro de una red vial. El mantenimiento incluye los costos directos de la ingeniería y construcción, más los costos de los usuarios y externalidades generadas por trabajos de mantenimiento. Adicionalmente, estos elementos determinan la conectividad que ofrece una red y son su principal fuente de vulnerabilidad, ya que al no estar operativos se pierde un parte importante de las posibilidades de transporte. El colapso de un puente tiene un elevado riesgo de pérdida de vidas humanas por lo que es necesario realizar la inspección para evaluar desde la formación de fisuras y grietas hasta cambios de coloración, deformaciones, descascarillamientos, aplastamientos, erosiones, hinchazones, exfoliaciones, etc.

A la hora de localizar las causas mecánicas de las lesiones estructurales, hay que tener en cuenta que éstas pueden hallarse en una acción interna o directa, que actúa sobre la propia estructura o muro; o pueden haberse producido por una causa externa al elemento estructural.

## METODOLOGÍA

Método de la inspección del puente.- El sistema propuesto, de acuerdo a los elementos de un Sistema de Gestión de Puentes (SGPu) se observa en la figura 1

**Figura 1:** Metodología de Gestión de Puentes Propuesta



Para la elaboración de la metodología, se consideran los componentes que debe poseer un Sistema de gestión: un sistema de manejo de datos, procesos de recolección de información, índices y parámetros de gestión, un método de priorización y la elección de técnicas de conservación. Según la figura 1 se tiene

- Información: corresponde al manejo de toda la información incluida en el sistema. En este caso debe incluir la información de inventario, estructuración y estado de los puentes, inspecciones realizadas, historial de daños y reparaciones, costos, políticas de agencias y estándares exigidos, acciones de mantención y rehabilitación.
- Inspecciones e índices se utilizarán distintos tipos de inspección basados en inspección visual más un nivel de mayor detalle basado en la ejecución de ensayos y estudios detallados. La información obtenida pasa a la base de datos de las estructuras. Los índices usados en este caso entregarán un Índice combinado del Puente (IP), éste cambiará de un nivel a

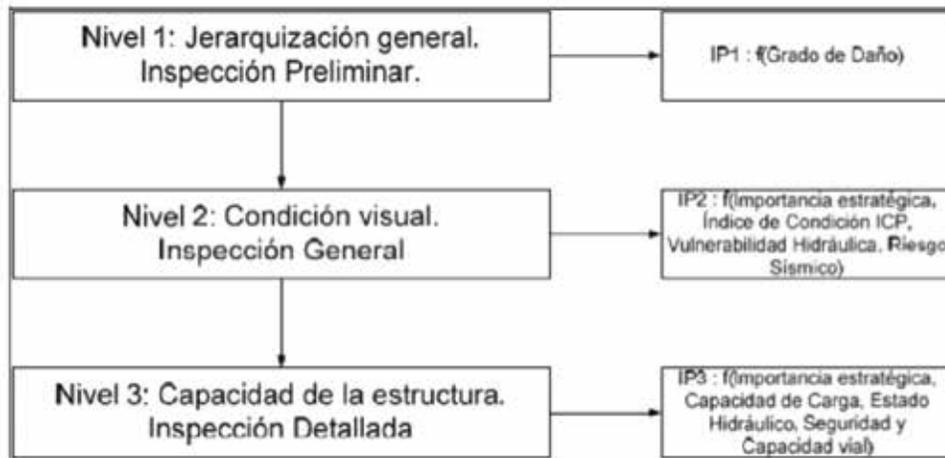
otro según la información disponible, pero en el nivel de inspección visual combina un Índice de Condición del Puente que refleja su estado de deterioro, un Índice de Vulnerabilidad Hidráulica, Índice de Riesgo Sísmico e Índice de Importancia Estratégica de la estructura. Cada índice individual será desarrollado en los capítulos siguientes.

- Análisis y cálculos: consiste en una sub metodología de toma de decisiones para priorizar inversiones en conservación. Se basa en la priorización de acuerdo al Índice del Puente.

### Niveles de gestión e índice combinado del puente

Los SGPu trabajan en distintos niveles de profundidad, buscando optimizar los recursos utilizados. En este método se han desarrollado detalladamente los niveles que no requieren el uso de ensayos destructivos. Sin embargo, el sistema completo cuenta con tres niveles jerárquicamente establecidos. La Figura 2 muestra los niveles considerados.

**Figura 2:** Niveles de Gestión e Inspección



Cada nivel posee un índice combinado que representa el estado global del puente, según la información disponible para ese nivel de detalle.

El primer nivel es un nivel de alerta temprano basado en el Grado de Daño estimado. El Grado de Daño es una aproximación subjetiva del estado de un puente determinada anualmente por personal no experto, pero con capacitación en la detección de deterioros fácilmente visibles.

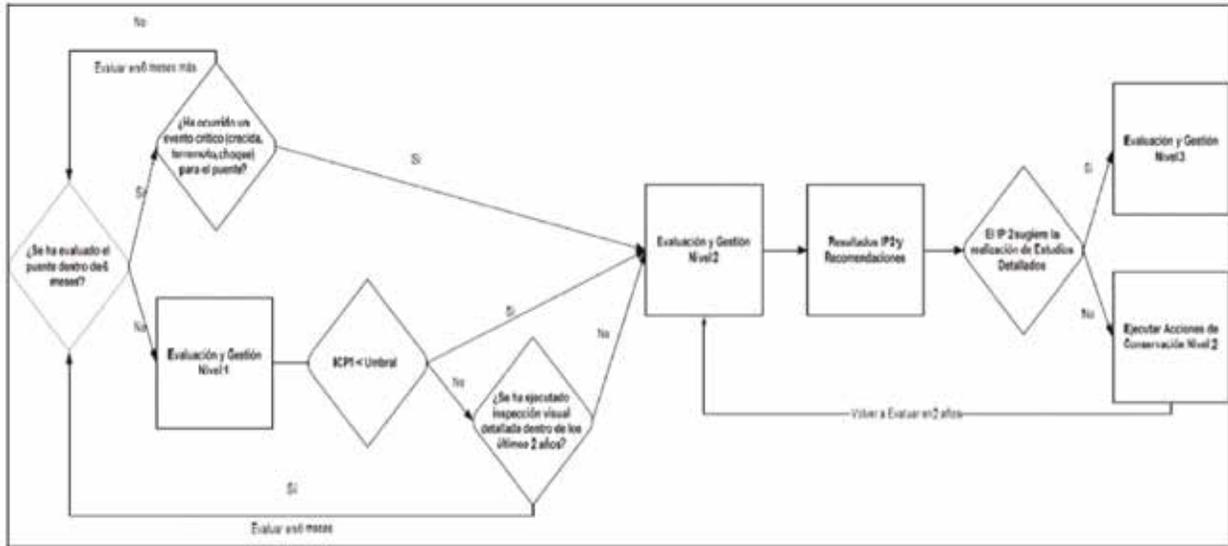
El segundo nivel se basa en la inspección general de las estructuras, a través de esta actividad, realizada cada 2 años, se determina el Índice de Condición del Puente ICP, que representa el nivel de deterioro de la estructura. Adicionalmente, se inspecciona el estado hidráulico del sistema puente-río y se determina el Índice de Vulnerabilidad Hidráulica. El análisis de las probabilidades de daño del puente por potenciales sismos nos entrega el Índice de Riesgo Sísmico y, por último, se determina el Índice de Importancia Estratégica para cada puente. La combinación de esta información permite obtener el IP2, que prioriza estructuras para estudios más

detallados y recomienda acciones de acuerdo al estado observado. Debido a que gran parte del desarrollo se centra en este nivel, el sistema se bautizará como GEPUBIV sistema de Gestión de Puentes Basado en la Inspección Visual.

El tercer nivel considera estudios desarrollados por expertos en áreas específicas como tecnología de materiales de construcción, hidrología, análisis sísmico u otro, según los problemas detectados previamente. Este nivel no está diseñado para aplicarse de manera masiva, sólo ante eventos o detección previa de problemas.

La combinación de estos índices generarán los IP de cada nivel de gestión. El uso de cada nivel de gestión se puede activar por un resultado preocupante al realizar un análisis en un nivel previo, por el paso del tiempo y la necesidad de actualizar la información disponible o por la ocurrencia de algún evento natural que revista un daño mayor a las estructuras como un terremoto o el rebalse de un río. En la Figura 3 se muestra el diagrama de flujo del sistema desarrollado.

**Figura 3:** Modelo de Activación de Niveles de Inspección



Para el nivel de inspección visual el IP se calcula según:

$$IP = -1,411 + 1,299ICP + 0,754VH + 0458RS - 0,387IE$$

Sujeto a la restricción: IP mayor o igual a 1.

Donde:

- **ICP:** Índice de Condición del puente. Se evalúa según los resultados de inspección visual segmentada.
- **VH:** Vulnerabilidad Hidráulica. Se evalúa según inspección visual.
- **RS:** Riesgo Sísmico. Se calcula de acuerdo a la amenaza del lugar y el posible nivel de daño que sufre el puente ante esa amenaza.

- **IE:** Importancia Estratégica. Se calcula de acuerdo a características geométricas y funcionales del puente.

#### Cálculo del índice de condición del puente (ICP)

El ICP es un indicador cuantitativo del estado del puente en un momento determinado, es análogo al Grado de Daño, pero con mayor información. El ICP sirve como un primer indicador para priorizar puentes dentro de una red.

Para el cálculo del ICP, cada elemento recibirá una calificación en términos de cinco condiciones de estado actual. Las condiciones de estado posibles son las que se observan en la Tabla 1.

**Tabla 1: Condición de los Elementos de un Puesto**

Condición del Elemento		Descripción
1	Peligroso	Deterioro avanzado y pérdida de sección efectiva. No se puede asegurar la integridad de la estructura, existe riesgo de colapso del elemento.
2	Malo	El elemento tiene un nivel avanzado de deterioro. Presenta un riesgo real para la estructura y los usuarios. Según el material: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero: grietas de fatiga y pérdida importante de sección.</li> <li>• Hormigón: agrietamiento severo o pérdida de recubrimiento de armadura.</li> <li>• Madera: rajaduras, aplastamiento o degradación importante.</li> <li>• Albañilería: agrietamiento severo, pérdida de alineamiento.</li> </ul>
3	Regular	Los deterioros presentan deterioros que puedan estar afectando la capacidad del elemento y la serviciabilidad que entrega. Comienza a existir riesgo para los usuarios. Según el material: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero: corrosión general, grietas de fatiga sin afectar zonas críticas.</li> <li>• Hormigón: agrietamiento general, pérdida de recubrimiento o de laminación moderada</li> <li>• Madera: rajaduras generales, aplastamiento moderado. Defectos superficiales.</li> <li>• Albañilería: Grietas generales.</li> </ul>
4	Bueno	El elemento presenta deterioros menores. Defectos superficiales no involucran pérdida de sección y una pérdida mínima de resistencia No afecta la serviciabilidad. Según el material: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero: corrosión menor sin pérdida de sección</li> <li>• Hormigón: grietas no estructurales. Otros defectos aislados</li> <li>• Madera: rajaduras aisladas.</li> <li>• Albañilería: agrietamiento menor.</li> </ul>
5	Como nuevo	El elemento presenta poco o ningún deterioro. Grietas superficiales o defectos superficiales que no afecten la resistencia y serviciabilidad del elemento

Para calcular el ICP de un puente se debe considerar tanto los elementos que aportan capacidad estructural como los que afectan sólo la serviciabilidad y seguridad, ponderando la importancia de cada uno para la estructura, enfatizando los que revisten un mayor peligro para el puente. El ICP considera el estado de los diferentes elementos de un tipo, el aporte a la estabilidad global del elemento y propensión a fallas de los diversos materiales que pueden conformar un puente. EL ICP se calcula de la siguiente manera:

- Se determina el Índice de Condición del Elemento (ICE) para cada elemento.
- Cuando un puente presente diversos elementos del mismo tipo, por ejemplo varias pilas, se deberá seleccionar como índice

- representativo de ese tipo de elementos al peor calificado de ellos.
- El ICP del puente se calcula ponderando los índices de cada elemento según su importancia en la estabilidad y seguridad de la estructura. Para esto se adaptará la metodología propuesta por la agencia de carreteras de Australia (Austroads, 2004)
- Se utilizan los pesos ponderados de cada elemento
- Cada peso ponderado de elemento se multiplica por un factor determinado por el material que compone el elemento. El factor refleja la vulnerabilidad del material y el tipo de falla que puede presentar un elemento de ese material. Los factores por material se observan en la siguiente tabla 2:

**Tabla 2:** Factor de peso por material del elemento

Tabla de Factores por material	
Material	Factor
Hormigón pre o postensado	1
Hormigón armado tradicional	2
Acero	3
Madera	4
Otro	1,5

Para calcular el ICP de cada puente se utiliza la siguiente expresión:

$$ICP = \frac{\sum_{i=1}^n ICE_i * w_i * m_i}{\sum_{i=1}^n w_i * m_i}$$

Donde:

- ICE: Índice de Condición del Elemento.
- w: Peso ponderado del elemento dentro de la estructura.
- m: Factor por el material del elemento.

### Cálculo del índice de vulnerabilidad hidráulica

La inspección visual es una manera económica y rápida de obtener información sobre el estado de la vulnerabilidad de un puente. La inspección permite obtener información del entorno, el puente y el canal a través de la observación de patrones de flujo, marcas de crecidas anteriores y de elementos que denoten la socavación.

Los principales elementos que se deben considerar para una inspección hidráulica en terreno son (Woodward, 2000) (DICTUC, 2006):

- Forma del río: tal como se indicó anteriormente se relaciona con la estabilidad de la posición del flujo y posibles cambios de dirección.

- Ángulo de ataque: define el potencial de socavación adicional por problemas de ubicación en el encuentro del río con el puente.
- Riberas: las riberas determinan la posibilidad de arrastre de material y socavación. Se debe observar la estabilidad, presencia de elementos de protección y el tipo de suelo si se puede.
- Planicies de inundación: su presencia se asocia a las posibilidades de aumento del nivel de agua ante crecidas. Se debe observar si existen planicies de inundación bien definidas que aumenten la sección del canal ante estos eventos.
- Presencia de desechos en el lecho: son obstáculos al flujo restringiendo la sección con el respectivo aumento de nivel o velocidad. También evidencian el transporte de material por parte del río.
- Disminución de sección por parte del puente: se debe observar el estado de las aberturas de escurrimiento y el efecto de la pérdida de sección en las condiciones de flujo
- Tipos de pilas y socavación: las pilas deben cumplir los criterios de diseño enunciados previamente. Se debe observar su orientación y forma. Se debe tratar de calificar el nivel de socavación en las pilas de los puentes.
- Socavación del lecho: se debe observar el efecto de socavación local o general en el lecho bajo el puente y en las zonas contiguas.
- Evidencias de impacto y abrasión: tanto en la subestructura como en la superestructura.
- Evidencias de altura de agua alcanzada: se deben observar restos de elementos vegetales o marcas del nivel de agua en el puente para determinar la altura alcanzada por el agua en crecidas anteriores.
- Condiciones aguas arriba y aguas abajo: ver características generales del flujo como cambios e velocidad, turbulencias y cambios de niveles de agua.

**Tabla 3:** Calificación de las condiciones del canal

Calificación	Descripción de la condición del canal y el flujo
5	Las riberas y el canal no presentan erosión y están protegidos. Las estructuras de protección se encuentran en excelente estado. Pocos desechos. El flujo bajo el puente es normal, sin mayores obstáculos ni aumentos en el nivel de agua.
4	Evidencias menores de erosión o depósito de materiales. Erosión de las riberas y el canal son menores. Escasos desechos en el canal. El nivel de agua no se aproxima al tablero sin problemas para el tráfico ni generando daños.
3	El depósito y erosión de materiales es moderado. Existe erosión leve en las riberas y elementos de protección. Los desechos causan problemas menores y deben ser removidos. El nivel de agua ha alcanzado niveles cercanos al tablero.
2	Ocasionalmente el nivel de agua ha alcanzado el nivel crítico del tablero y causado retrasos o riesgos al tránsito. Se han generado daños por las crecidas.
1	Frecuentemente las crecidas llegan al nivel crítico de la superestructura causando riesgo para el tráfico. El puente presenta marcas de daños importantes debido a las crecidas.

**Tabla 4:** Calificación de la socavación  
(Adaptado de MDOT, 2007)

Calificación	Descripción de la condición del canal
5	No existe socavación o es muy poca. No hay riesgo de falla.
4	Socavación localizada menor. Existe bajo riesgo de falla por este concepto.
3	Se observa socavación moderada. El aumento de la socavación pondría en riesgo a la estructura por lo que se deben tomar medidas y realizar estudios más detallados.
2	Existen evidencias de socavación general o socavación localizada grave. Existe riesgo para los usuarios. Se deben tomar medidas para contrarrestar este efecto.
1	El nivel de socavación es crítico. La inspección indica que existe socavación extensiva en una o más fundaciones poniendo en riesgo a los usuarios. Se requieren acciones inmediatas.

Una vez realizada la calificación del estado hidráulico siguiendo ambas escalas se debe definir la vulnerabilidad hidráulica general del puente. La vulnerabilidad hidráulica general será la menor de las dos calificaciones del puente, ya que la falla de la estructura se puede producir por cualquiera de los dos factores.

### Cálculo de la importancia estratégica

La IE debe ser un elemento diferenciador entre estructuras que se encuentren en similares condiciones estructurales al momento de asignar fondos para mantenimiento, rehabilitación o mejora de estándar.

Para determinar la IE se ha desarrollado un índice multivariable. Las variables incluidas en este índice se determinaron en base a la recopilación del conocimiento experto de profesionales del área. Este índice pondera la importancia de cada factor que compone la IE, la ponderación se realiza en base a pesos ponderados según la opinión de expertos. Cada variable es calificada con una nota de acuerdo a una apreciación cuantitativa o cualitativa. Las notas por cada variable varían de 1 a 5, siendo 1 el caso donde el puente reviste menor importancia y 5 el de mayor. Se propone un

Índice que conjuga las siguientes variables:

- **Existencia de rutas alternativas:** el análisis de rutas alternativas se realiza según las perturbaciones al tránsito normal que significa la limitación del uso del puente.
- **Tránsito:** se estima a través del TMDA. Esta variable, junto a la anterior, es un representante de los costos de usuario a nivel agregado. La rentabilidad de un proyecto a nivel de costo social tiene como principal parámetro el TMDA de la vía.
- **Entorno socioeconómico:** representa el medio social en el que se encuentra la estructura de acuerdo al tipo de locación geográfica en que se encuentra.
- **Ancho del puente:** se evaluará las condiciones geométricas del ancho del puente frente a la funcionalidad que otorga.
- **Largo del puente:** se evalúa el largo del puente, basados en el principio de que un puente más largo reviste mayor importancia debido a un mayor costo y a las dificultades ante un proceso de reconstrucción o de alternativas para sortear el obstáculo si el puente pierde funcionalidad.
- **Restricciones de peso:** se considera más importante un puente que está exento de limitaciones al paso de vehículos pesados a uno que si las posee debido a las posibilidades de transporte de mercaderías.

$$IE = 0,261 * Ae + 0,206 * TMDA + 0,193 * Ese + 0,093 * An + 0,133 * L + 0,114 * R$$

Donde:

Ae = Alternativas existentes.

TMDA = Calificación según Tránsito Medio Diario Anual.

Ese = Entorno Socio-económico.

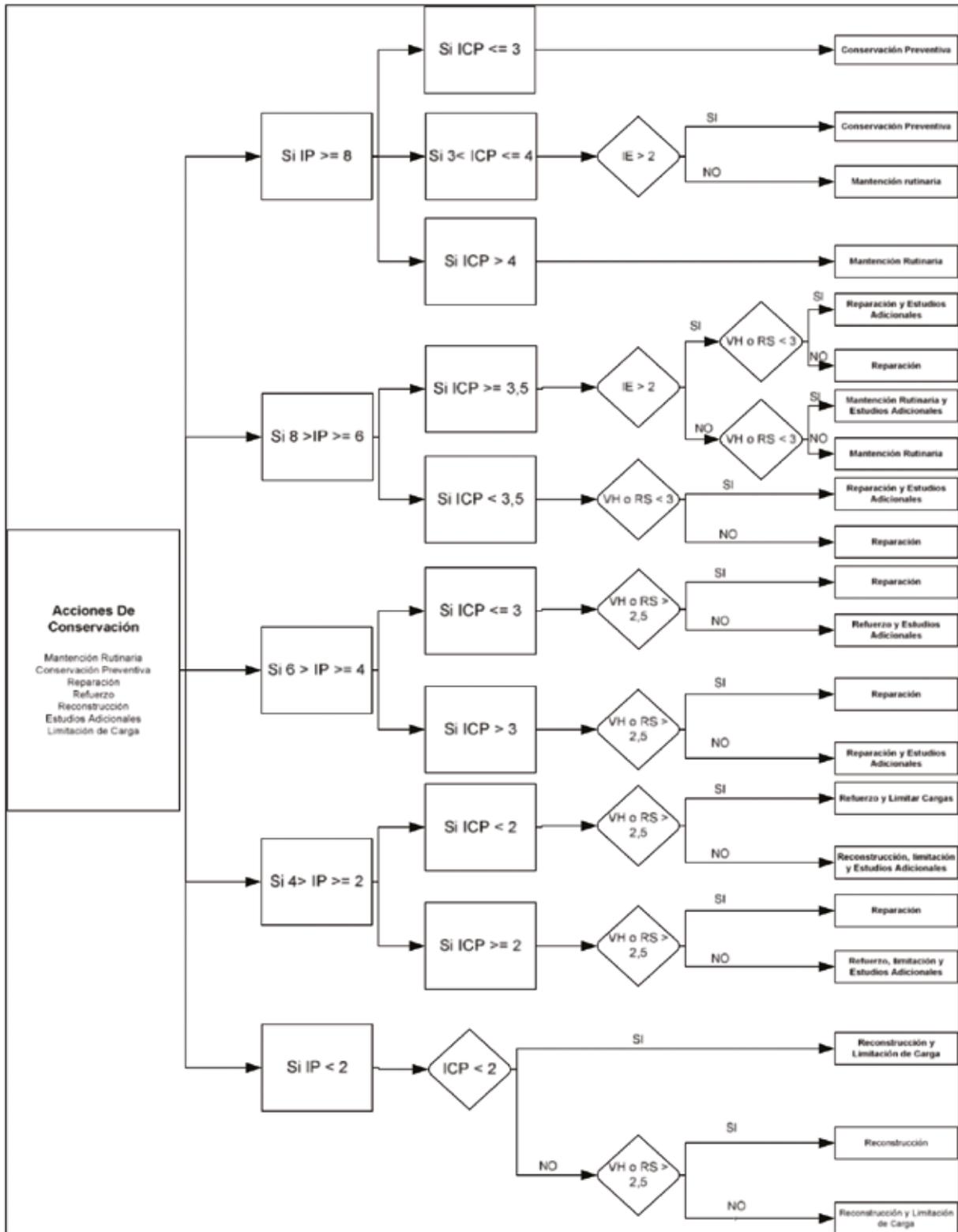
An = Evaluación del ancho del puente.

L = Largo del puente.

R = Restricciones de paso.

## ASIGNACIÓN DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO

Figura 4: Árbol de asignación de acciones de conservación



Basados en la priorización y los índices que entregan una imagen del estado del puente se deben recomendar acciones a seguir a nivel agregado. Se consideran las siguientes posibles acciones sobre la oferta:

- Hacer nada: el estado actual del puente no amerita ejecutar acciones de mantención y/o reparación.
- Mantención rutinaria: es la mantención llevada a cabo regularmente durante la vida de la estructura. El tipo de mantención depende del tipo de estructura pero suelen ser limpieza de juntas de expansión y drenaje de la estructura, renovación de la pintura anticorrosión de los elementos metálicos, barreras de seguridad e iluminación del puente.
- Conservación preventiva: corresponde a actividades de conservación menores: sello de grietas, reparación de barandas que no tienen como fin devolver capacidad a la estructura, pero sí prevenir que siga perdiéndola o disminuir la tasa de deterioro.
- Estudios detallados: es la base del sistema de gestión escalonado. La salida de un nivel de gestión puede ser recomendar la ejecución de estudios correspondientes a un nivel superior de detalle.
- Reparación: corresponde a actividades para recuperar la capacidad original perdida debido a deterioros que están afectando la resistencia o funcionalidad del puente.
- Refuerzo: son actividades de conservación orientadas a recuperar la capacidad del

puente y aumentarla respecto al estándar original para evitar que recupere el estado de deterioro actual.

- Reconstrucción: consiste en el reemplazo de la estructura por una de mayor estándar o de estándar similar cuando los deterioros impiden recuperar la actual de manera económica.

Sobre la demanda se pueden recomendar las siguientes acciones:

- Limitación al paso de carga: consiste en limitar el tránsito de vehículos pesados cuando no se puede asegurar la integridad de la estructura ante su circulación.
- Estudios detallados sobre la demanda: se puede recomendar estudios más profundos sobre el tránsito, limitaciones de paso u otro.

La asignación de acciones se basa en un criterio técnico, ya que no se cuenta con información necesaria para cuantificar los costos detallados, lo que se debe realizar a nivel de proyecto.

## PLANILLAS DE INSPECCIÓN Y METODOLOGÍA

Para la elaboración de la metodología, se consideran los componentes que debe poseer un sistema de gestión: un sistema de manejo de datos, procesos de recolección de información, índices y parámetros de gestión, un método de priorización y la elección de técnicas de conservación.

FICHA DE INDICE DE CONDICION DEL PUENTE											
PUENTE		N°									
UBICACIÓN											
Tipo de daño y evaluación del grado de daño											
Ítem	Evaluación	Ondulación	Surcos	Agrietamiento	Baches				mi	Pond.	ICE Tipo
Capa de rodadura	Evaluación										
Viga de Concreto	Ítem	Grietas en una dirección	grietas en dos direcciones	Descascaramiento	Acero de refuerzo	Nidos de piedra	Eflorescencia				
	Evaluación										
Losa	Ítem	Grietas en una dirección	grietas en dos direcciones	Descascaramiento	Acero de refuerzo	Nidos de piedra	Eflorescencia	Agujeros			
	Evaluación										
Estribos	Ítem	Grietas en una dirección	grietas en dos direcciones	Descascaramiento	Acero de refuerzo	Nidos de piedra	Eflorescencia	Perdida del talud			
	Evaluación										
	Ítem	Inclinación	Socavación								
	Evaluación										
Baranda (concreto)	Ítem	Agrietamiento	Acero de refuerzo	faltante							
	Evaluación										
Baranda (acero)	Ítem	Deformación	Oxidación	Corrosión	faltante						
	Evaluación										
Señalización vertical	Evaluación										
CALCULO ICP											
ICP ESTRUCTURA											
ICP SUBESTRUCTURA											
ICP SUPERESTRUCTURA											
ICP COMPLEMENTARIOS											

INSPECCION DE PUENTES (FOTOGRAFIA)									
NOMBRE DEL PUENTE		LOCALIDAD		DEPARTAMENTO PROVINCIA		N° DE PUENTE			
TIPO DE PUENTE		UBICACIÓN		UBICACIÓN		UBICACIÓN			
UBICACIÓN		UBICACIÓN		UBICACIÓN		UBICACIÓN			
NOTA		NOTA		NOTA		NOTA			
UBICACIÓN		UBICACIÓN		UBICACIÓN		UBICACIÓN			
NOTA		NOTA		NOTA		NOTA			
UBICACIÓN		UBICACIÓN		UBICACIÓN		UBICACIÓN			

<b>FICHA DE INSPECCIÓN HIDRÁULICA</b>					
<b>DATOS DE LA ESTRUCTURA</b>					
<b>Punto GPS:</b>	<b>Río:</b>	<b>Largo Puente:</b>			
<b>Inspector:</b>		<b>Fecha:</b>			
<b>EVALUACIÓN DE ELEMENTOS</b>					
Forma del Río:					
Estado de las Riberas:					
Planicies de Inundación:					
Presencia de Desechos:					
Altura de Aguas:					
Condición Aguas Arriba-Abajo:					
Tipos de Pilas:					
Ángulo de Ataque:					
Disminución de Sección:					
Evidencia de Impacto y Abrasión:					
Socavación del Lecho:					
Socavación de la Estructura:					
<b>CLASIFICACIÓN DEL ESTADO HIDRÁULICO</b>					
Condiciones del Canal	5	4	3	2	1
Socavación	5	4	3	2	1
Vulnerabilidad Hidráulica	5	4	3	2	1
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>					

## PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN GENERAL

Para la ejecución de la inspección general se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Corroborar que se tienen los elementos fundamentales para la inspección.
- Planificar la ruta a realizar, chequear accesos a puentes y zonas de detención posibles.
- Estacionar el vehículo de forma segura en la berma u otra zona. De ser posible dejar un cono de seguridad vial advirtiendo el peligro.
- Definir zona de acceso al puente y su subestructura.
- Medir longitud y ancho del puente y registrar su ubicación.
- Medir deterioros de la cubierta y elementos complementarios ubicados en superficie.

- Acceder a la zona inferior del tablero y subestructura cuidando utilizar los implementos de seguridad requeridos según sea el acceso.
- Medir y registrar condiciones y deterioros de la subestructura y zona inferior del tablero.
- Asegurarse de contar con fotografías generales del puente lateral, superficie en ambos sentidos, curso hidráulico aguas abajo y aguas arriba.
- 10. Una vez registrados todos los deterioros calificar cada elemento y verter la información en la ficha Resumen de Inspección General.

## RESULTADOS

Aplicando el método de análisis propuesto se obtuvieron los siguientes resultados con los cuales se ingresó a la figura 4:

Tabla 5:

PUENTE	ICP	VH	RS	IE	IP	Acciones de Conservación
1	3.4	4	4	3.072	6.665	Reparación
2	2.538	2	4	3.072	4.037	Refuerzo y estudios adicionales
3	3	4	4	3.072	6.145	Reparación
4	2.4	2	4	3.072	3.858	Refuerzo, limitación y Estudios adicionales
5	3	4	4	3.072	6.145	Reparación
6	2.4	3	4	3.072	4.612	Reparación
7	3	1	4	3.072	3.883	Refuerzo, limitación y Estudios adicionales
8	2.6	1	4	3.072	3.364	Refuerzo, limitación y Estudios adicionales
9	2.538	2	4	3.072	4.037	Refuerzo y estudios adicionales
10	3.538	3	4	3.072	6.090	Reparación y estudios adicionales
11	3.231	3	4	3.072	5.691	Reparación
12	3.538	2	4	3.072	5.336	Reparación y estudios adicionales

## CONCLUSIONES

- Se realizó la inspección visual de cada elemento del puente. Elementos inspeccionados: Losa principal, Estribos, Fundaciones, Accesorios y Juntas.
- La losa principal de todos los puentes inspeccionados eran de hormigón armado, Los estribos estaban constituidos de hormigón excepto un puente que sus estribos son de mampostería de piedras y las barandas son de acero galvanizados elementos para los cuales no se aplicó esta metodología.
- Los puentes presentan patologías severas en los diferentes elementos estructurales tanto en las

- superestructuras, subestructuras y fundaciones, debido en varios casos a la acción erosiva del río o quebrada, descascamiento de la losa del puente en algunos casos se puede observar que la armadura principal de la losa está sometido al intemperismo.
- Se determinó que existen tres puentes (4, 7 y 8) con patologías muy severas que requieren una atención más cuidadosa en su estructura ya que presentan índices próximos a 2.5 de la condición estructural del puente.

La condición estructural del puente se califica de 1 a 5. 5 significa que la estructura esta como nueva y 1 es un estado de peligro para los usuarios y requieren reparación con urgencia.

- El puente que presenta patologías críticas es el puente "8", debido a la alta vulnerabilidad hidráulica y condición de la estructura de sus fundaciones que presentan erosión de las mismas. Este puente representa un peligro para los usuarios por lo que se debe tomar las acciones correspondientes.
- De acuerdo a la inspección visual realizada y para la asignación de acciones a realizar se obtuvieron las opiniones de distintos ingenieros entendidos en el área, de los cuales se obtuvieron las siguientes opiniones:

Para los puentes 4, 7 y 8 Se recomienda limitación de carga (17%), estudios adicionales (17%), reparar (17%) y reforzar (29%) y reconstruir (20%) por tener IP entre 2 y 4.

Para los demás puentes Se recomienda mantención rutinaria (11%), estudios adicionales (27%), reparar (38%) y reforzar (14%). Por tener IP entre 4 y 6.

## RECOMENDACIONES

- Los diferentes métodos de inspección visual muestran resultados más cualitativos que cuantitativos que no permiten determinar con más precisión las condiciones de los puentes por lo que se ve necesario la calificación de estas mediante valores de acuerdo al estado actual en la que estas se encuentran.
- Para realizar la inspección visual de cada elemento del puente se debe conocer previamente el tipo de material para conocer que patologías se van a presentar y así preparar planillas de inspección más eficientes.
- En el estado actual del conocimiento, no es posible evaluar con precisión la vida residual de los puentes en el caso de un análisis más profundo debido a un deterioro significativo. Es sólo un asunto de criterio de ingeniería.

## BIBLIOGRAFÍA

- Dirección general de Carreteras – Gobierno de España (2012) Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado
- SEDANO G. y Parra S. (2011) - Desarrollo de Una Metodología para la Evaluación del Estado de Puentes Existentes –Pontificia Universidad Javeriana – Facultad de Ingeniería
- GRATTESAT G. (1978) Traducido por Fernando Baquedano - Vida Útil de Puentes
- VALENZUELA S. (2008) -Metodología de gestión de puentes a nivel de red basada en inspección visual – Pontificia Universidad Católica de Chile
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte (2007) - Manual de Inspección de Puentes
- Universidad de Cauca (2001) - Inspección de Puentes
- Gobierno de la Provincia de Buenos Aires – Dirección de Vialidad (2007) - Manual para inspecciones rutinarias de puentes y alcantarillas en servicio

## ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA INTERNA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS A PARTIR DE TOMOGRAFÍAS COMPUTARIZADAS DE RAYOS – X

Armella María Ximena <sup>1</sup>, Orgaz Fernandez Jhonny <sup>2</sup>, Alvarez Alex E. <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Investigadora Junior Departamento de Vías – Carrera de Ingeniería Civil – Facultad de Ciencias y Tecnología – UAJMS Tarija, Bolivia

<sup>2</sup> Docente Departamento de Vías – Carrera de Ingeniería Civil – Facultad de Ciencias y Tecnología Universidad UAJMS Tarija, Bolivia.

<sup>3</sup> Docente de la Universidad de Magdalena, Santa Marta, Colombia.

**Correo electrónico:** mvial2005@yahoo.es

### RESUMEN

En el presente trabajo investigativo se analizan las estructuras internas de mezclas asfálticas a partir de Tomografías computarizadas de Rayos –X; enfocado al análisis de los vacíos y el contacto agregado-agregado, haciendo el uso de imágenes bidimensionales mediante el conteo de píxeles, empleando software de captura de imágenes (Radi ANT- DICOM) y de análisis (IMAGE-J) basado en programación JAVA. Se realizó el diseño de mezclas asfálticas en caliente, utilizando la metodología Marshall, por lo que se extrajeron muestras de materiales pétreos y asfálticos de plantas asfálticas y de acopio de materiales ubicados en nuestra región, los cuales fueron debidamente caracterizados en laboratorio. Una vez obtenido mediante diseño Marshall el porcentaje óptimo de asfalto y de agregados para una mezcla que cumpla con las exigencias de calidad para una carpeta asfáltica, se procede a compactar briquetas con los datos de diseño, para ser analizados mediante imagenología bidimensional (TC-RX).

A partir de las imágenes bidimensionales se determina el contenido de vacíos y el contacto agregado-agregado, y a través de estos datos se determina la relación existente entre estas variables, las cuales son determinantes para poder garantizar una carpeta asfáltica que cumpla con las exigencias de diseño requeridas, para brindar al usuario comodidad al transitar por ella.

**Palabras Claves:** mezclas asfálticas, tomografía, vacíos, agregado-agregado, Marshall, carpeta asfáltica.

### ABSTRACT

This research paper discusses the internal structures of asphalt mixtures from CT scans - X-ray; focused to the analysis of gaps and contact agregado-agregado, making the use of two-dimensional

images by the count of pixels, using software from capture of images (Radi ANT - DICOM) and of analysis (IMAGE-J) based on JAVA programming. It is carried out from the design of mixtures asphalt in hot, using the Marshall methodology, which are extracted samples of materials of stone and asphalt from asphalt plants with materials located in our region. Which were properly characterized in laboratory. Once obtained the optimal percentage of asphalt and aggregates to a mix that meets the requirements of quality for an asphalt design Marshall, proceeds to be compacted briquettes with design data, to be analyzed by two-dimensional images (TC-RX).

From the two-dimensional images, empty content and added-added contact is determined, and through these data we determine the relationship between these variables, These results are decisive to ensure that an asphalt that meets the design requirements, and for user convenience to walk by it.

**Key words:** asphalt mixtures, tomography, empty, contact agregado-agregado, Marshall, asphalt binder.

### INTRODUCCIÓN

De la caracterización de las propiedades de los materiales empleados en las mezclas asfálticas dependerá garantizar diseños confiables, estructuras durables y planes de rehabilitación efectivos, por lo cual se hace necesario un estudio más a detalle de cada componente de las mezclas asfálticas, cumpliendo las especificaciones establecidas por las normas en las que se rigen los diseños de vías en nuestro país.

Siempre nos hemos cuestionado qué es lo que realmente pasa dentro de una mezcla asfáltica, si realmente se cumplen los parámetros considerados en el diseño, en el caso de presentarse fallas en la carpeta asfáltica cuál fue la causa de

dicha falla; con el avance de la tecnología se ha logrado una mejora en las técnicas usadas para caracterización de materiales, debido a la necesidad de evaluar la validez de los métodos de diseño de mezclas asfálticas y el mejor conocimiento sobre los factores y mecanismos que afectan el comportamiento y respuesta de los materiales empleados.

Los pavimentos son estructuras diseñados para soportar esfuerzos y deformaciones, generados por las cargas dinámicas (vehículos) y las condiciones climáticas a las cuales se encuentran sometidos; éstos son cambiantes y alteran las propiedades mecánicas químicas y termodinámicas de los materiales que componen dicha estructura.

De la caracterización de las propiedades de los materiales empleados en las mezclas asfálticas dependerá garantizar diseños confiables, estructuras durables y planes de rehabilitación efectivos, por lo cual se hace necesario un estudio más a detalle de cada componente de las mezclas asfálticas, cumpliendo las especificaciones establecidas por las normas en las que se rigen los diseños de vías en nuestro país.

Siempre nos hemos cuestionado qué es lo que realmente pasa dentro de una mezcla asfáltica, si realmente se cumplen los parámetros considerados en el diseño, en el caso de presentarse fallas en la carpeta asfáltica cuál fue la causa de dicha falla; con el avance de la tecnología se ha logrado una mejora en las técnicas usadas para caracterización de materiales, debido a la necesidad de reevaluar la validez de los métodos de diseño de mezclas asfálticas y el mejor conocimiento sobre los factores y mecanismos que afectan el comportamiento y respuesta de los materiales empleados.

En el pasado, la observación de lo que ocurría dentro de la estructura de las mezclas asfálticas solía ser prácticamente imposible de observar sin recurrir a ensayos destructivos, ahora podemos aplicar el análisis de la estructura interna de mezclas asfálticas a partir de la tomografía computarizada de Rayos-X (TC-RX), ensayo no destructivo de fácil uso con el que se obtienen resultados confiables rápidamente.

La observación del acomodo de los agregados y de la película asfáltica dentro de las mezclas asfálticas definirá su desempeño, por lo que garantizar una óptima distribución de los componentes de las mezclas asfálticas es de importancia para el funcionamiento de la misma. Los parámetros usados en el diseño de mezclas

asfálticas varían debido a que las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados no son iguales, varían según el banco de materiales utilizado y según el cemento asfáltico usado, por lo que la visualización de la estructura interna formada por la mezcla asfáltica diseñada es una metodología que permitirá observar lo que sucede dentro de la misma.

El tránsito de la humedad por las rutas capilares formadas por los vacíos en la estructura interna de las mezclas asfálticas suelen ser un factor que limita la vida útil de las mismas, por lo que determinar si el contenido de vacíos adoptado como óptimo se cumple a cabalidad, observar la relación que tendría la granulometría, la compactación con el contenido de vacíos.

El trabajo agregado-agregado dentro de las mezclas asfálticas define factores que influyen en la durabilidad y la funcionalidad que tendrán las mezclas asfálticas a lo largo de su vida útil, por lo que su observación es de importancia ya que posibilitaría determinar algunas causas y efectos de falla de las superficies de los pavimentos flexibles; esto sería posible mediante el uso de imágenes de la estructura interna de las mezclas asfálticas, con lo que podríamos modelar una estructura que cumpla con las especificaciones técnicas y de calidad que se necesitan.

Esta técnica nos permitirá estudiar el contenido, tamaño, distribución, conectividad de los vacíos y el arreglo de los agregados, la relación de estas variables con la susceptibilidad al deterioro por la presencia de humedad, la capilaridad y la permeabilidad de las mezclas; debido a que la resistencia a la desintegración depende de las condiciones de contacto agregado-agregado desarrollados en la mezcla y asociadas al contenido de vacíos almacenado.

## MÉTODOS Y MATERIALES

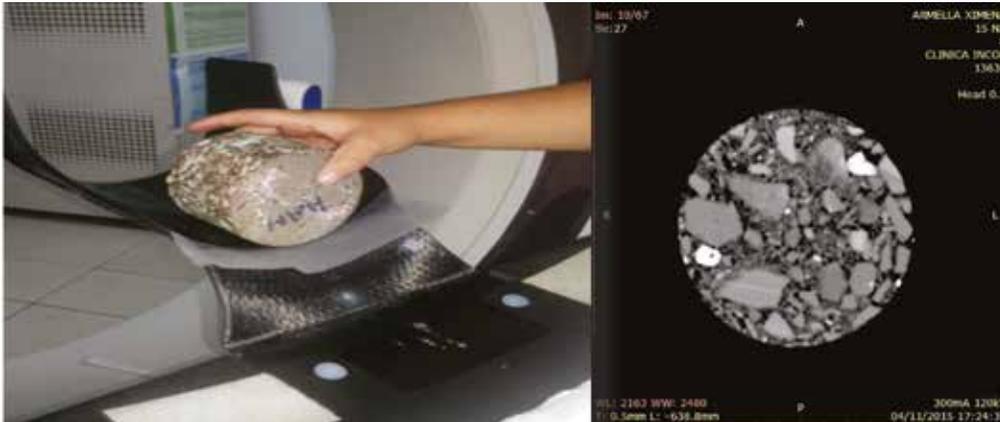
Para el análisis investigativo se diseñaron mezclas asfálticas haciendo uso de agregados pétreos provenientes de bancos regionales y cementos asfálticos 85/100 y 60/85; el último cemento asfáltico modificado con polímeros.

Una vez determinado el porcentaje óptimo de asfalto para las mezclas asfálticas analizadas se procede a realizar a realizar el compactado de briquetas con dicho porcentaje de cemento asfáltico, así mismo se procede a la extracción de núcleos asfálticos.

El análisis por TC-RX está basado en la aplicación de Rayos–X a masa asfáltica compactada, a partir de la cual se extraerán imágenes bidimensionales monocromáticas.

Entendiéndose como imagen monocromática a las imágenes pixeladas en escala de grises, ya que cada pixel guarda en sí un código que varía de 0 (color negro) a 255 (color blanco).

**Figura 1.** Imagen tomografía de la mezcla asfáltica



**Análisis de Vacíos.-**

Para el análisis de vacíos se procede a importar la imagen computarizada RadiAnd DICOM al software IMAGE-J el cual la analizará como una imagen binaria.

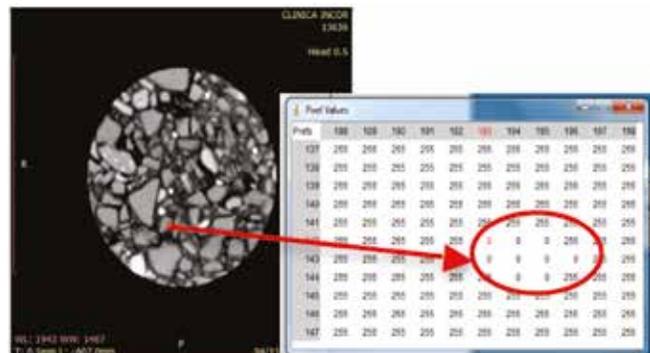
Entendiéndose por imagen binaria a la imagen que mantendrá solo dos códigos en su matriz de colores de pixeles 0 (identificado por el color negro, VACIOS) y 255 (identificado por el color blanco, AGREGADOS DE LA MEZCLA); imagen en blanco y negro .

La transformación de una imagen monocromática (imagen en escala de grises) a una imagen binaria (imagen en blanco y negro).

El programa debido a que el aire es el elemento más liviano dentro de todos los agregados que compone la mezcla asfáltica procede a darle al pixel que es ocupado por aire un código cuyo valor es 0, y al resto de los agregados más densos se procede a darle un valor de 255

El tomógrafo por defecto nos proporciona imágenes en programa RadiAnd formato DICOM 3.0 (Efilm Lite) para el análisis de vacíos y contacto agregado se procederá a la importación de las imágenes al software de análisis de imágenes denominado IMAGE-J.

**Figura 2.** Vacíos observados por tomografía



El programa procede a contar el número de pixeles vacíos (pixeles con valor 0), conociendo el área de la muestra en unidades métricas podemos establecer el área de un pixel en unidades métricas debido a que el programa permite ser calibrado y determinar áreas en pixeles y porcentajes.

**• Análisis del porcentaje de vacíos en el agregado mineral**

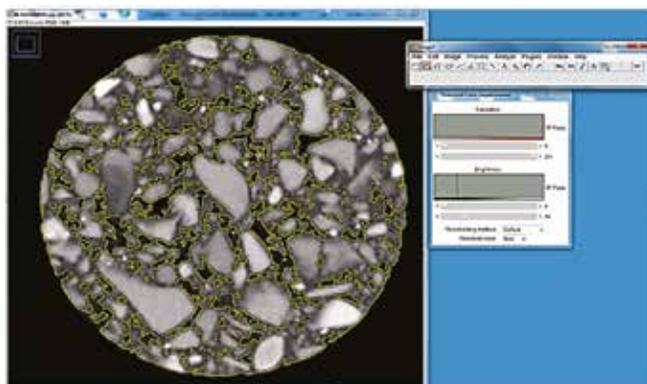
De igual modo que en el porcentaje de vacíos, la determinación del porcentaje VAM se realiza mediante la lectura binaria (imágenes en blanco y negro) de las imágenes tomografías.

En base al procesamiento de las imágenes en programación binaria, habiendo realizado el análisis de cada imagen del contraste que éstas

presentaron en su matriz de color se determinó que el valor de programación para el conteo de pixeles que se encuentran representando a los vacíos del agregado mineral (vacíos y vacíos llenos de asfalto) es 54 (denominado valor límite VAM) y 255 (AGREGADO), debido a la variación de la densidad por la presencia de asfalto.

El valor de 54 se encuentra del rango aceptable recomendado por el autor del método de análisis por tomografía, el cual determina que se debe realizar un análisis por cada imagen obtenida y realizar una variación del contraste para así determinar en qué valor numérico de pixel se encuentra definido los vacíos llenos por asfalto.

**Figura 3.** Determinación del porcentaje VAM



Análisis que inicia con la delimitación a grandes rasgos de los vacíos mediante la aplicación de un filtro que nos permite delimitar momentáneamente los vacíos del agregado mineral para que así se realice un análisis de los códigos que los contienen.

Los pixeles cuyos códigos sean menores o iguales a 54 serán transformados a códigos 0 (color NEGRO) y aquellos pixeles mayores a 54 serán transformados a códigos 255 (color BLANCO), es así que se obtiene la imagen binaria.

Pero para este caso el programa debido al cambio en la programación de valores nos determinará la Relación Betumen Vacíos (RBV), y mediante la siguiente formula determinamos el % VAM.

#### • Análisis contacto agregado-agregado

Se cuantificó el número de contactos entre agregados a partir de imágenes bidimensionales, en escala de grises; tomando en cuenta las partículas mayores a 4.75mm (Agregado grueso); esta cuantificación nos permite determinar un indicador de las condiciones en las que se encuentran la estructura formada por los agregados.

Este análisis se realiza a partir de las imágenes transversales TC-RX obtenidas de los moldes cilíndricos de 101.6 mm de diámetro y aproximadamente de 6.5 cm de alto de cada molde.

El análisis de esta variable es por conteo visual de los puntos de contacto agregado- presente en cada imagen bidimensional.

Para el ensayo se procede a dar una pigmentación color rojo a las partículas que componen el agregado grueso. Identificado al material cuyas partículas son retenidas en la malla N° 4 (4.75 mm), por lo que es necesario identificar el valor del pixel que delimitará los agregados gruesos de los finos, por ello se realiza la aplicación del pigmento a cada imagen, que no es más que aplicar una capa filtro sobre la imagen con el programa IMAGE-J, al analizar las imágenes se determinó que el rango para esta capa es el 62 (valor límite de separación de agregados), es decir que todas las partículas que posean un color con código menor a este serán pigmentadas definitivamente de color rojo, lo que facilita el conteo de puntos de contacto ya que resaltará los agregados gruesos los cuales se encuentran en escala de grises.

La determinación del valor 62 es recomendado por el autor del método que nos permite validar el dato obtenido, ya que este es el valor medio de los valores analizados en cada imagen obtenida para cada banco analizado, cuyo tamaño máximo de agregado es el de ¾".

Una vez aplicado el pigmento rojo definitivo se procede a conteo de puntos de contacto en el esqueleto formado por los agregados gruesos.

Figura 4. Análisis Contacto Agregado - Agregado

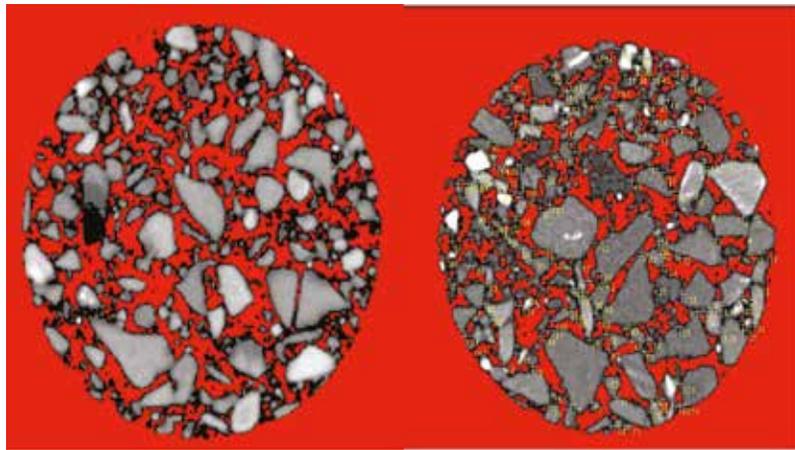
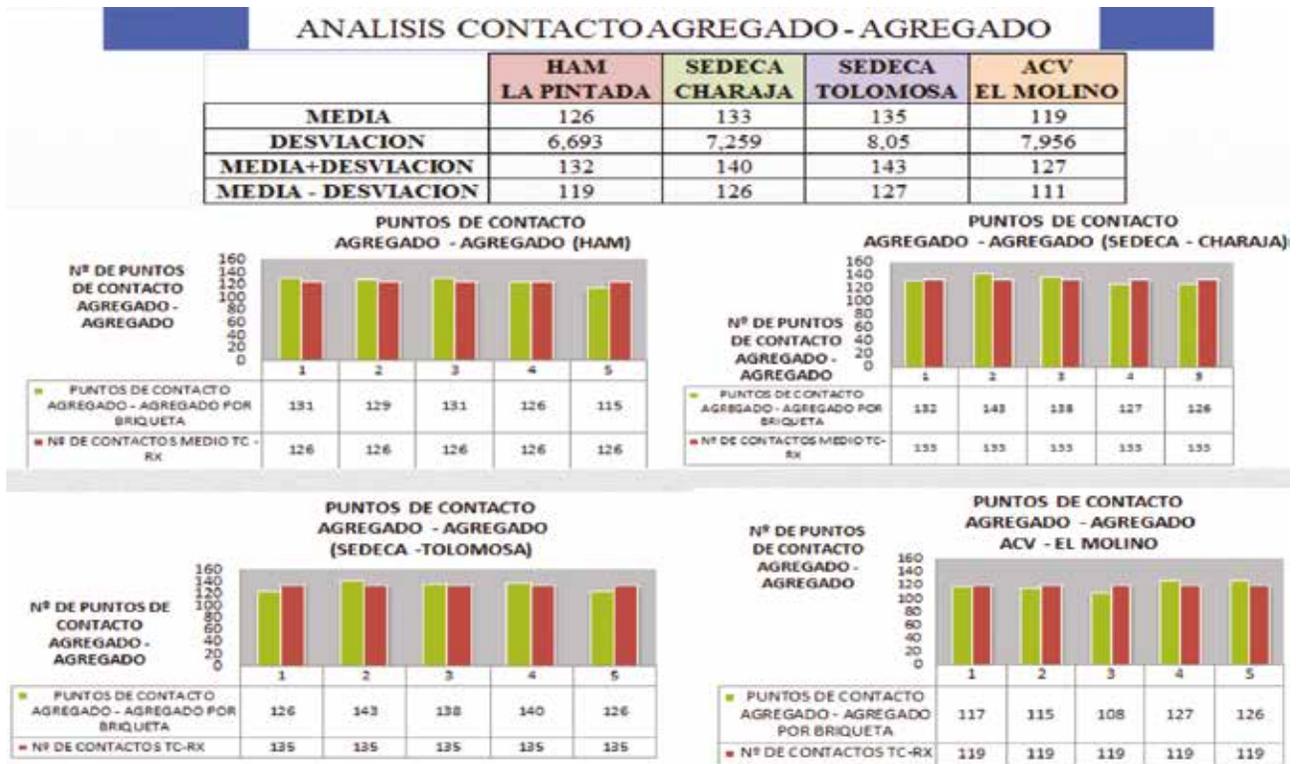


Figura 5. Análisis Cuantitativo “Contacto Agregado – Agregado”



**RESULTADOS:**

• **BRIQUETAS**

**Porcentaje de Vacíos**

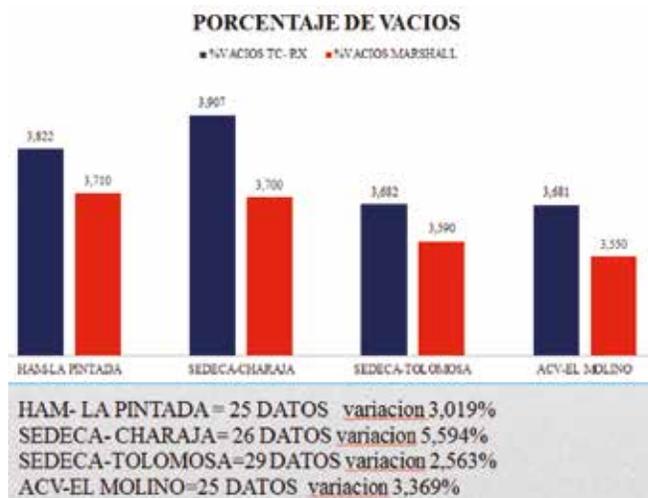
El porcentaje de vacíos debe encontrarse dentro de un rango no menor al 3% y no mayor al 5% según norma.

En el que se realiza un análisis binario de las imágenes TC-RX, se establece una valoración del % de vacíos y contacto agregado-agregado a través de la medición por píxeles.

En cuanto al porcentaje de vacíos, los valores que se encuentren fuera del rango establecido serán depurados para obtener resultados más exactos para cada mezcla asfáltica.

En la figura mostrada a continuación observaremos el porcentaje de vacíos determinado para cada banco de datos analizado tanto por el método de TC-RX, como por la metodología Marshall.

**Figura 1.** Porcentaje de Vacíos



Los porcentajes de vacíos obtenidos mediante TC-RX, determinan valores dentro del rango (3% - 5%) especificado por la norma utilizada para diseño de pavimentos flexibles en nuestro país.

Los valores obtenidos por medio de TC-RX no sobrepasan el 10% de diferencia con respecto al valor Marshall diseño, por lo que se pueden adoptar como valores admisibles, obteniendo un margen de confianza del 90%.

Porcentaje de vacíos del agregado mineral (VAM)

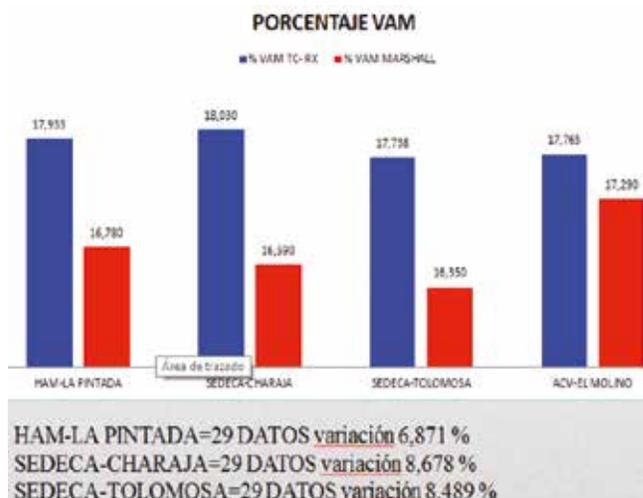
Este porcentaje está en función del tamaño máximo nominal de agregado utilizado dentro de la mezcla asfáltica.

Para nuestro análisis el valor mínimo de VAM establecido por norma es de 14%.

Por lo que los valores que se encuentren por debajo de este valor serán depurados.

Presentaremos a continuación una figura donde se observa la variación del porcentaje de vacíos del agregado mineral (VAM), para cada banco de datos analizado por TC-RX y por la metodología Marshall.

**Figura 2.** Porcentaje VAM de mezclas analizadas



Se puede observar que todos los valores TC-RX se encuentran por arriba del valor mínimo especificado por norma que es de 14,000 % para VAM, debido a que en todos los casos se usa agregado con tamaño máximo nominal de 1/4".

Los valores VAM obtenidos por TC-RX no sobrepasan el 10 % de diferencia de los valores obtenidos mediante diseño Marshall; por lo que se tiene un margen de confianza del 90%.

**Contacto Agregado – Agregado**

El contacto entre agregados representa una mezcla cerrada o abierta debido a que esto influirá en la porosidad de la mezcla por lo que la absorción de humedad puede aumentar o disminuir con respecto a esta variable.

**Figura 3.** Contacto agregado-agregado de mezclas analizadas



Se puede observar que los puntos de contacto para una mezcla asfáltica elaborada con los porcentajes óptimos de cemento asfáltico los

puntos de contacto se encuentran por encima de los 100 puntos de contacto.

**Relacionando VAM vs. VACIOS**

Se observa que dentro de la estructura interna de la mezcla asfáltica a menor porcentaje de vacíos menor porcentaje de vacíos del agregado mineral presenta y viceversa, por lo que se ajusta a un modelo lineal de pendiente positiva (recta ascendente).

Se verifica que para ningún caso el VAM es menor a 14% y el porcentaje de vacíos es menor a 3, como lo indica la norma para mezclas asfálticas cuyo tamaño máximo de agregado es 3/4".

También podemos observar que el VAM limite no sobrepasa el 25 % para un valor máximo de contenido de vacíos del 5 % indicado por la norma.

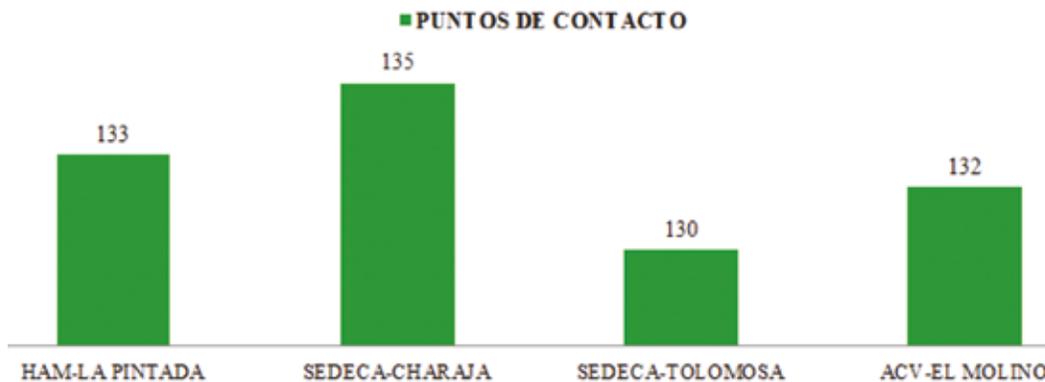
Relacionando las variables VAM y VACIOS se determina que estas son proporcionales entre sí a medida que aumenta el porcentaje de vacíos aumenta el porcentaje de vacíos del agregado mineral.

**Figura 4.** Relación de VAM vs. VACIOS de los 4 puntos de muestreo



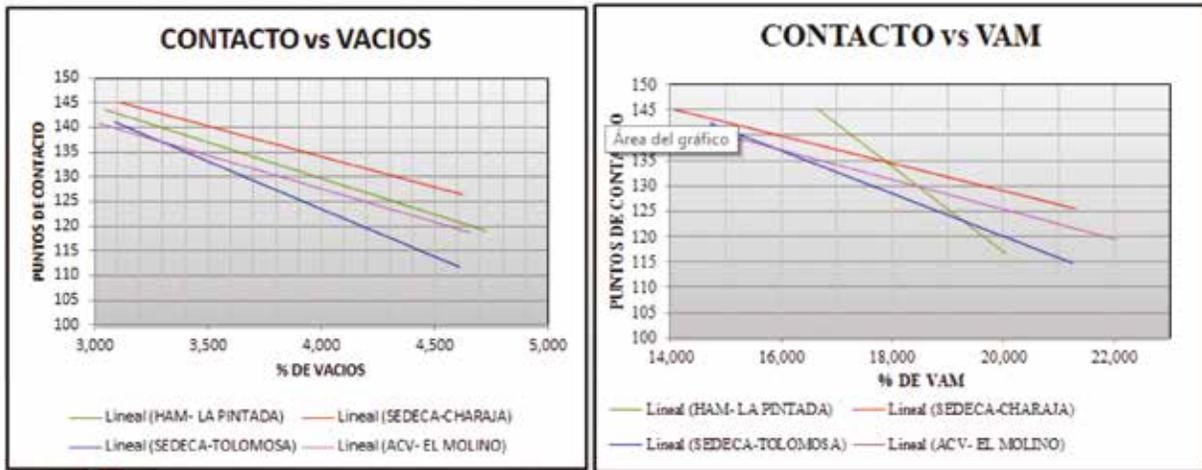
Relacionando Contacto Agregado vs Vacíos Observando cada banco de datos analizado, relacionando las variables contacto agregado-agregado y porcentaje de vacíos, se determina que a menor porcentaje de vacíos, mayor puntos de contacto entre agregados presenta la mezcla asfáltica o viceversa, tanto para mezclas preparadas con cemento asfáltico convencional o cemento asfáltico modificado.

**Figura 5.** Relación de Agregado vs. Vacios de los 4 puntos de muestreo



El número de contactos agregado-agregado para mezclas densas en ningún caso es menor a 100 pero no mayor a un valor promedio de 140 puntos para asfaltos 85/100 y 60/85, un valor menor a 100 significa que existe una película demasiado gruesa por lo que presentaría ondulaciones, ahuellamientos; y mayor a 140 una película demasiado delgada por lo que presenta segregación de los agregados, afloramientos y exudaciones; en ambos límites, la trabajabilidad de la mezcla se ve afectada.

**Figura 6.** Relación de Contacto vs. Vacíos - Contacto vs. VAM de los 4 puntos de muestreo



**Relacionando Contacto Agregado vs VAM**

Habiéndose presentado las figuras de todos los bancos de datos analizados, se observa que la tendencia lineal en todos los casos es descendente, por lo que se puede decir que a menor porcentaje de vacíos del agregado mineral mayor contacto entre agregados existe y a mayor porcentaje de vacíos del agregado mineral menor puntos de contactos se presentan.

Relacionando el contacto agregado-agregado y el porcentaje de vacíos tanto VAM como VACIOS se determina que a mayor cantidad de puntos de contacto menor porcentaje de vacíos presenta la mezcla asfáltica.

A mayor contacto entre agregados la mezcla constituye una estructura cerrada siendo esta poco o nada permeable, debido al bajo porcentaje de vacíos, lo cual representaría que la mezcla también presentaría problemas de dilatación y contracción, los efectos de la temperatura.

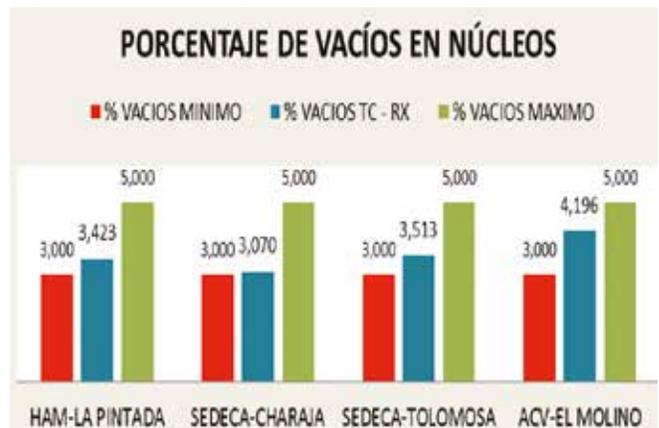
**Porcentaje VAM**

• **NÚCLEOS**

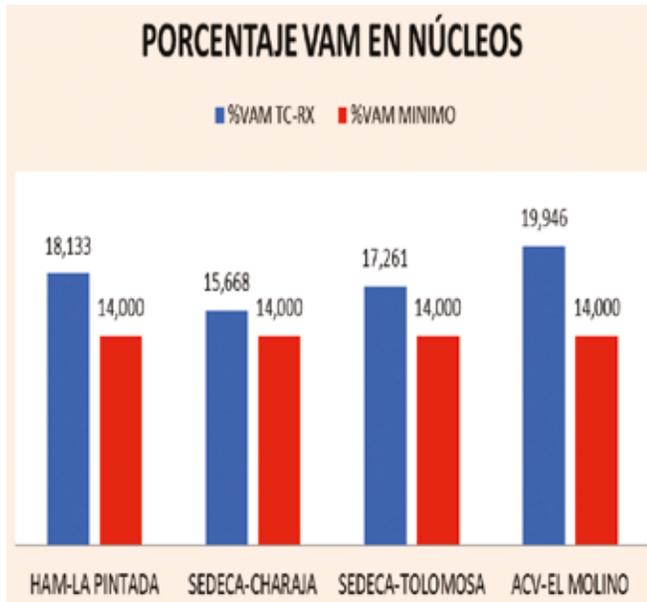
Se realizó el análisis de núcleos para poder verificar si los parámetros de diseño en campo satisfacen las especificaciones normadas.

**Porcentaje de Vacíos**

**Figura 7.** Porcentajes de vacíos en núcleos



**Figura 8.** Porcentaje VAM en Núcleos



**Contacto Agregado-Agregado**

**Figura 9.** Contacto Agregado de Núcleos



**CONCLUSIONES**

Se verifica que los valores de porcentaje de vacíos en mezclas asfálticas densas efectivamente se encuentran entre 3 y 5%.

Se Determinán valores con TC-RX entre 3.5% – 4 %, en mezclas compactadas en condiciones ideales.

Se observa que los valores de vacíos en briquetas de laboratorio y núcleos tienen una desviación de ±25%, debido a que éstos se encuentran ya bajo la acción de las cargas de uso.

Se verifica que el porcentaje de vacíos del

agregado mineral (VAM) en ningún caso para mezclas asfálticas cuyo tamaño máximo de agregado ¾” es mayor a 25 pero si mayor a 14% como indica la norma.

Relacionando las variables VAM y VACIOS se determina que éstas son proporcionales entre sí a medida que aumenta el porcentaje de vacíos aumenta el porcentaje de vacíos del agregado mineral.

El número de contactos agregado-agregado para mezclas densas son menor a 100 pero no mayor a 140 puntos para asfaltos 85/100 y 60/70, un valor menor a 100 significa que existe una película demasiado gruesa por lo que presentaría ondulaciones, ahuellamientos; y mayor 140 una película demasiado delgada por lo que presenta segregación de los agregados y exudaciones; en ambos límites la trabajabilidad de la mezcla se ve afectada.

Relacionando el contacto agregado-agregado y el porcentaje de vacíos se determina que a mayor contacto entre agregados, menor porcentaje de vacíos se presenta.

Relacionando el contacto agregado-agregado y el porcentaje VAM se determina que a mayor contacto entre agregados, menor es el valor del porcentaje de vacíos del agregado mineral que presenta la mezcla asfáltica.

A mayor contacto entre agregados, la mezcla constituye una estructura cerrada siendo ésta poco o nada permeable, debido al bajo porcentaje de vacíos, lo cual representaría que la mezcla también presentaría problemas de dilatación y contracción, por efecto de temperatura.

**BIBLIOGRAFÍA**

ADMINISTRADORA BOLIVIA DE CARRETERAS- Manual de Ensayos de Suelos y Materiales / Asfaltos, Bolivia.

ÁLVAREZ, Allex E. - XIX Simposio Colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos, Revista Primera Edición 2013, Bogotá – Colombia.

BARIANIBERNUCCI LEIDI, GORETTI DA MOTTA LAURA MARÍA, PEREIRA CERATTI JORGE AUGUSTO, BARBOSA SOARES JORGE - Pavimentación Asfáltica, Formación Básica para Ingenieros. 4ta. Reimpresión –ABEDA, Río de Janeiro 2008.

CRESPO VILLALAZ, Carlos - Vías de Comunicación Volumen II. 3ra Edición, México 2004.

HERNÁNDEZ SAMPIERI ROBERTO, FERNÁNDEZ COLLADO CARLOS, PILAR BAUTISTA LUCIO - Metodología de la Investigación. 4ta. Edición 2006, México D.F.

JOSEPHIA SANTOS RICHARD - Agregado Grueso en Caliente (Método Marshall "ASTM D1559"), Primera Edición, 2009, Oruro – Bolivia

MONTEJO FONSECA ALFONSO - Ingeniería de Pavimentos Evaluación Estructural, Obras de Mejoramiento y Nuevas Tecnologías, Tercera edición 2006, TOMO2, Bogotá-Colombia

RICO RODRÍGUEZ ALFONSO - La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Volumen II, Editorial Limusa, Edición 1996, México D.F

THE ASPHALT INSTITUTE - Manual del Asfalto. 4ta. Reimpresión 1973, traducido por Manuel Velázquez, España; TRIOLA MARIO – Estadística, Décima Edición 2009, México D.F

WALPOLE, RONALD E., MYERS, RAYMOND H., MYERS SHARON L. - Probabilidad y Estadística para Ingenieros. 6ta. Edición en Español, México D.F. 1999.

## SIMULACIÓN DE USO DEL SISTEMA SMACUS EN LA UAJMS

Jalil Angulo Raquel <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ingeniera Informática - Docente del Departamento de Informática y Sistemas – Carrera de Ingeniería Informática y Sistemas – Facultad de Ciencias y Tecnología – UAJMS - Tarija, Bolivia

**Correo electrónico:** Jalil.raquel@gmail.com

### RESUMEN

En este artículo se muestra la implementación del Sistema Multi-Agente para el análisis del comportamiento de los usuarios de un sistema e-learning en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Brevemente, se realiza la simulación de uso del sistema SMACUS con los estudiantes de la materia CIV-162 Informática I, en la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias y Tecnología. En este trabajo se describirá el desarrollo del sistema Multi-Agente que será capaz de clasificar a los usuarios atendiendo a cómo se comportan dentro del sistema e-learning en función del análisis de ciertos parámetros durante su interacción con el sistema como por ejemplo si son ordenados o desordenados, la frecuencia de uso, el tiempo de actividad o inactividad.

Concretamente se refiere a la experiencia de aplicación del Sistema Multi-Agente propuesto en una unidad de aprendizaje en específico.

Por otro lado, se destaca la importancia del uso de esta propuesta.

**Palabras Clave:** Sistema Multiagente, Agentes, Interacción Usuario Ordenador, Comportamiento, Sistema E-learning.

### ABSTRACT

This article shows the implementation of multi-agent system for analyzing the behavior of users of an e-learning system in the Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Briefly, is performed the simulation of use of the system SMACUS with them students of the matter CIV-162 computer I, in the career of engineering Civil of the Faculty of science and technology. In this work is will describe the development of the system multi-agent that will be capable of classified to them users attending to how is behave within the system e-learning depending on the analysis of certain parameters during its interaction with the system as for example if are ordered or unordered, the frequency of use, the time of activity or inactivity.

It specifically refers to the experience of application of multi-agent system proposed in a specific learning unit.

On the other hand, highlights the importance of the use of this proposal.

Key words: Multy Agent System, agents, users-computer interaction, behavior, E-learnig System.

### INTRODUCTION

En el área de IUO (Interacción Usuario Ordenador), cobra una especial relevancia el análisis de las interacciones de los usuarios con los sistemas informáticos. Son diferentes las aplicaciones que se pueden dar a dicho análisis, como por ejemplo: medir la usabilidad de la interfaz del usuario del sistema informático, adaptar el sistema al trabajo de cada usuario, etc.

Evidentemente en los sistemas e-learning conocer en detalle cómo interactúan los usuarios en el entorno de colaboración nos puede ayudar tanto en el análisis posterior de los resultados de las tareas colaborativas ejecutadas, como el posterior análisis de los usuarios de forma individual.

El objetivo de esta propuesta es sentar las bases de un sistema Multi-Agente para el análisis del comportamiento de los usuarios de un sistema e-learning (SMACUS), este sistema será capaz de clasificar a los usuarios en función a los siguientes parámetros: si son ordenados o desordenados, la frecuencia de uso, el tiempo de actividad o inactividad dentro del sistema e.learning. Para poder llevar a cabo nuestro propósito es necesario saber en todo momento lo que hacen los usuarios del sistema. Esto ha sido posible gracias al MC (Monitor de Cliente), que se encarga de tomar nota de la actividad de los usuarios al interactuar con el sistema. El MC monitoriza la interacción en el lado del cliente, donde es posible obtener datos más detallados que en el servidor, que es el lugar de registro tradicional de los servidores Web. El MC controla eventos de bajo nivel como los movimientos de ratón, las pulsaciones de teclas

o los desplazamientos de scroll, y los asocia con el usuario que está utilizando el sistema en ese momento y con otros datos de utilidad para el análisis posterior. La información obtenida por el MC es enviada periódicamente al servidor y se deposita en el fichero de LOG de este, para procesarla después junto con los datos normales registrados por dicho servidor.

Este sistema Multi-Agente está basado en el estándar FIPA e implementado con la plataforma de desarrollo de agentes con una interfaz Web desarrollado en Java EE.

## OBJETIVOS DEL PROYECTO

A través del presente trabajo de investigación se pretende sentar las bases de un sistema Multi-Agente para el análisis del comportamiento de los usuarios de un sistema e-learning (SMACUS), este sistema será capaz de clasificar a los usuarios en función a los siguientes parámetros: La frecuencia de uso, si son ordenados o desordenados, el tiempo de actividad o inactividad dentro del sistema e-learning.

### Objetivo General

Desarrollar un Sistema Multi-Agente capaz extraer y analizar información sobre como utilizan los usuarios el sistema e-learning, en base a recursos y actividades que proporciona Moodle, en función a esto medir si un estudiante es ordenado o desordenado, la frecuencia de uso, el tiempo de actividad o inactividad dentro del sistema e-learning.

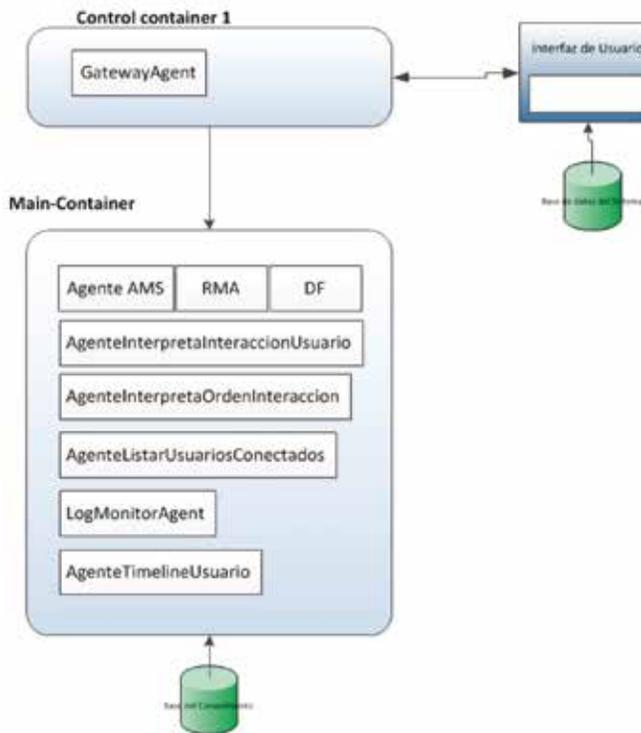
### Objetivos Específicos

1. Revisar documentación referente a los Sistemas Multi-Agentes.
2. Describir los componentes del Sistema Multi-Agente para el análisis del comportamiento de los usuarios de un sistema e-learning.
3. Proponer un Sistema Multi-Agente capaz de clasificar a los usuarios en base a ciertos parámetros durante su interacción con el sistema e-learning.
4. Diseño de un Sistema Multi-Agente para el análisis del comportamiento de los usuarios de un sistema e-learning.
5. Diseñar e implementar los agentes que intervendrán en sistema SMACUS.
6. Desarrollo de un Sistema Multi-Agente para el análisis del comportamiento de los usuarios de un sistema e-learning.
7. Experimentar con la propuesta en un entorno real, para probar su validez.

## I. SISTEMA MULTI-AGENTE PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS USUARIOS DE UN SISTEMA E-LEARNING ( SMACUS).

EL presente trabajo de investigación SMACUS, es una propuesta es un sistema multi-agente cooperativo, en el que los agentes deben de colaborar entre sí para alcanzar un objetivo común: Analizar el comportamiento de los usuarios dado que en el Sistema E-learning de la UAJMS se distinguen diferentes comportamientos de los usuarios al momento de interactuar con el sistema. Es así que para el desarrollo de el SMACUS se crearon los siguientes agentes Log Monitor Agent (Este agente se encarga de monitorear los cambios que se producen en el archivo de log y determinar el tiempo que permanece un usuario en los módulos del sistema e-learning), AgenteInterpretalInteraccion (Este agente se encarga de interpretar la interacción de un usuario en particular), AgenteTimeLineUsuario (Este agente interactúa con el agente AgenteInterpretalInteraccion para obtener información acerca de la interacción del Usuario en forma de línea de tiempo), AgenteListarUsuariosConectados (Este agente extrae la información de todos los usuarios que utilizaron el Sistema Elearning), UsuariosGateWayAgent (Este agente actúa como intermediario que interactúa como pasarela desde la Interfaz de usuario que muestra los resultados y los demás agentes), Agentes y Componentes FIPA: La plataforma JADE, al estar basada en el estándar FIPA, proporciona una serie de agentes y componentes de utilidad para nuestra arquitectura, como son el agente DF (Directory Facilitator) que registra los servicios ofrecidos por cada agente de SMACUS, el AMS (Agent Management System) para administrar y controlar a todos los agentes del sistema durante su ciclo de vida, y el MTS (Message Transport System), que permite una ejecución distribuida de los interacciones, con agentes provenientes de diferentes plataformas.

**Figura 1.** Esquema General de SMACUS.



## II. SIMULACION DE USO DE LA PLATAFORMA

Una vez estudiada la arquitectura Multi-Agente de nuestro proyecto, en este apartado se detallará la simulación y puesta en marcha de la plataforma SMACUS.

### Sistema Operativo

Para la Simulación de nuestro proyecto se utilizó la siguiente infraestructura:

- Servidor Dell PowerEdge t100
- Sistema Operativo Ubuntu 11.10
- PHP 5.3.6-13ubuntu3.7
- Apache 2.2

### Ejecución de la plataforma de agentes

Para ejecutar la plataforma de agentes se debe seguir los siguientes pasos:

1. Copiar los archivos del proyecto en /opt/jadeagentes
2. Crear un archivo de configuración runjade.sh con el siguiente contenido:
3. Para ejecutar la plataforma escribir ./runjade.sh desde la terminal.

### Instalación del Tomcat

```

jade.Boot -gui
agmon:uajms.agents.LogMonitorAgent
solicitante:uajms.agents.onto.SolicitarDatosInteraccionModuloAgent
dataExt:uajms.agents.DataExtractAgent
course:uajms.agents.CourseAgent
AgenteSaludo:uajms.agents.AgenteSaludo
AgenteListarUsuariosConectados:uajms.agents.AgenteListarUsuariosConectados
AgenteTimelineUsuario:uajms.agents.AgenteTimelineUsuario
AgenteInterpretaInteraccionUsuario:uajms.agents.AgenteInterpretaInteraccionUsuario
AgenteInterpretaOrdenInteraccion:uajms.agents.AgenteInterpretaOrdenInteraccion
    
```

Para la instalación del Contenedor de Servlets Tomcat debemos seguir los siguientes pasos:

1. Descargar el archivo tarball desde el sitio oficial
2. Descomprimir el archivo y en el directorio /opt/tomcat
3. Ejecutar el comando catalina.sh start
4. Una vez instalado se puede probar escribiendo la url http://[ip del servidor]:8080/
5. Una vez instalado el Servidor Tomcat procedemos a copiar la aplicación .analyzer.war en la carpeta /opt/tomcat/webapps
6. Editar el archivo de configuración del /opt/tomcat/conf/server.xml para configurar los parámetros de conexión a la base de datos
7. Una vez realizados los pasos anteriores iniciar el tomcat y abrir la aplicación desde el navegador

### Instalación del Postgresql

Para la instalación de postgresql debemos seguir los siguientes pasos desde la consola:

1. Descargar desde la página oficial la última versión del instalador gráfico postgresql en nuestro caso el 9.3 antes de descargar seleccionar el SO.  
<http://www.enterprisedb.com/products-services-training/pgdownload>
2. Una vez descargado debemos ejecutar el archivo de instalación.
3. Una vez instalado debemos conectarnos con el pgadmin para restaurar la base de datos loganalyzer, analyzerweb respectivamente

### Instalación y Configuración de Moodle

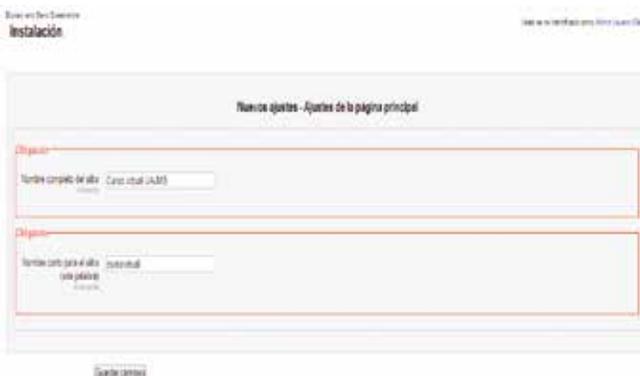
Moodle está desarrollado principalmente en GNU/Linux usando Apache, MySQL y PHP (también

conocida como plataforma LAMP), aunque es probado regularmente con PostgreSQL y en los sistemas operativos Windows XP, MacOS X y Netware 6.

**Figura 2.** Pantalla Principal del Moodle cuando termina la instalación.



**Figura 3.** Pantalla de Ajustes de Sitio del Moodle.



**Figura 4.** Pantalla de Instalación del Moodle.



**Figura 5.** Pantalla de Instalación del Moodle que muestra los requisitos que debe cumplir el servidor para el funcionamiento del Moodle.



**Figura 6.** Pantalla de Confirmación de la Instalación del Sistema de Moodle.



**Figura 7.** Pantalla de Ajustes de la Base de Datos.



**Figura 8.** Pantalla de selección de la base de datos en la instalación del Moodle.



**Figura 9.** Pantalla de selección del idioma en la instalación del moodle.



**Figura 10.** Pantalla de Configuración del Directorio de Datos en la instalación del moodle



**Creación del curso**

Se creó el curso CIV-162 (Informática I) en la plataforma <http://cursovirtual.ujms.edu.bo>

**Figura 10.** Pantalla principal de los cursos de la plataforma moodle.



**Creación del rol Docente.**

Se procedió a asignar los diferentes permisos al docente, como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 11.** Pantalla de configuración de los permisos para los diferentes roles en la plataforma moodle.



**Creación de diferentes actividades en la plataforma.**

Se crearon diferentes actividades que deberán ser realizadas por los estudiantes en la plataforma.

**Figura 12.** Pantalla principal de las actividades del estudiante en la plataforma moodle.



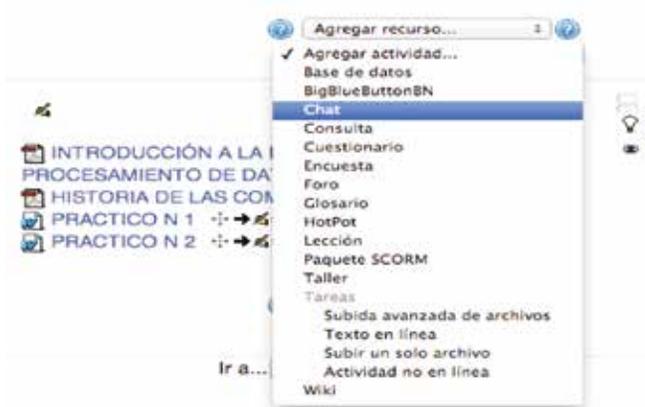
**Cargado de actividades a la plataforma.**

Se procedió al cargado de todas las actividades de la unidad de aprendizaje, para que los estudiantes puedan realizarlas.

**Figura 13.** Pantalla que muestra un listado de actividades para el estudiante en la plataforma moodle.



**Figura 14.** Actividades.



**Diagrama de temas**



**Cargado de los datos de los estudiantes**

Se procedió a cargar los datos de todos los estudiantes en un archivo de extensión csv el cual contiene 5 columnas:



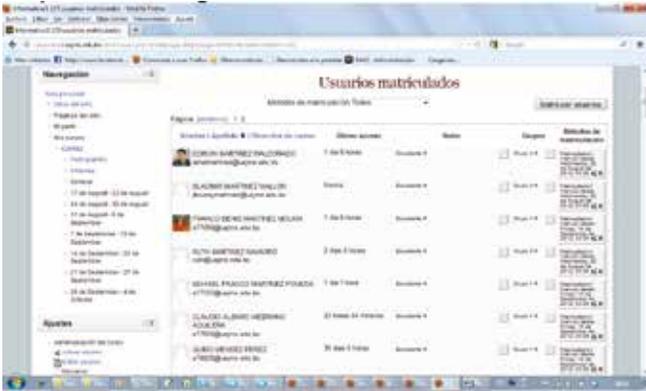
**Figura 15.** Archivo CSV de estudiantes.

	A	B	C	D	E	F	G
1	nombre	password	rolnombre	rolpassword	email		
2	violetaacosta	Password_18	WILLAN VICENTE	ACOSTA AMEC	violetaacosta@uajms.edu.bo		
3	andreaalberto	Password_49	ANDREA	ALBIDO LEON	andreaalberto@uajms.edu.bo		
4	angelalberto	Password_30	ANGEL	ALBORNOR CUBAS	angelalberto@uajms.edu.bo		
5	angelalberto	Password_21	ANGEL	R. PABLO PEREIRA	angelalberto@uajms.edu.bo		
6	angelalberto	Password_22	ANGEL	DIANCA DE VILVA	angelalberto@uajms.edu.bo		
7	angelalberto	Password_23	ANGEL	NOEMÍ AGUIAR	angelalberto@uajms.edu.bo		
8	angelalberto	Password_34	ANGEL	JARIELLA SANCHEZ	angelalberto@uajms.edu.bo		
9	angelalberto	Password_21	ANGEL	JYLLA ROMERO	angelalberto@uajms.edu.bo		
10	angelalberto	Password_26	ANGEL	AYALA DURAN	angelalberto@uajms.edu.bo		
11	angelalberto	Password_27	ANGEL	BALDOVINO CONDORI	angelalberto@uajms.edu.bo		
12	angelalberto	Password_36	ANGEL	BARRIOS SUAREZ	angelalberto@uajms.edu.bo		
13	angelalberto	Password_25	ANGEL	BRAVO TEJERINA	angelalberto@uajms.edu.bo		
14	angelalberto	Password_30	ANGEL	CACERES WALDA	angelalberto@uajms.edu.bo		
15	angelalberto	Password_31	ANGEL	CANJARA CASTELLANOS	angelalberto@uajms.edu.bo		
16	angelalberto	Password_34	ANGEL	CALLE TOCONA	angelalberto@uajms.edu.bo		
17	angelalberto	Password_41	ANGEL	CARDOSO DARECA	angelalberto@uajms.edu.bo		
18	angelalberto	Password_34	ANGEL	CASTRO ARENAS	angelalberto@uajms.edu.bo		
19	angelalberto	Password_37	ANGEL	CATALI SULLCATA	angelalberto@uajms.edu.bo		
20	angelalberto	Password_36	ANGEL	CAVO CHAMBI	angelalberto@uajms.edu.bo		
21	angelalberto	Password_37	ANGEL	CAZON RODRIGUEZ	angelalberto@uajms.edu.bo		
22	angelalberto	Password_36	ANGEL	CHAMBI CILA	angelalberto@uajms.edu.bo		
23	angelalberto	Password_38	ANGEL	CHAO ALFARO	angelalberto@uajms.edu.bo		
24	angelalberto	Password_40	ANGEL	CHODQUE CALZAYA	angelalberto@uajms.edu.bo		
25	angelalberto	Password_41	ANGEL	CHODQUELUANCA LOPEZ	angelalberto@uajms.edu.bo		
26	angelalberto	Password_42	ANGEL	CHODQUE VILCA	angelalberto@uajms.edu.bo		
27	angelalberto	Password_43	ANGEL	COQUE HUANGA	angelalberto@uajms.edu.bo		

**Asignación de roles a los estudiantes.**

Se procedió a asignar los roles a todos los estudiantes.

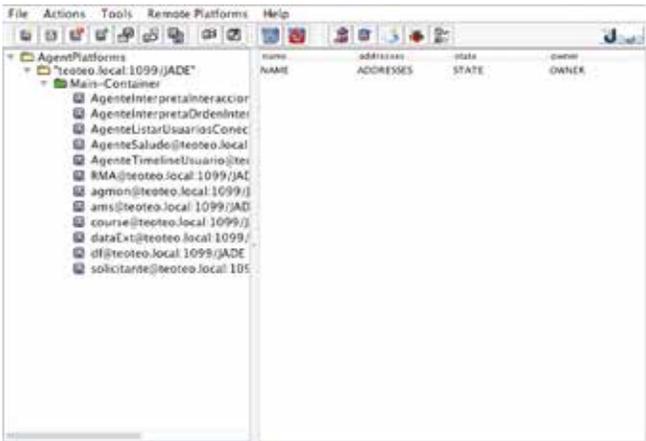
**Figura 16.** Pantalla que muestra los usuarios matriculados en la plataforma moodle.



**Análisis de resultados.**

Se hizo la simulación para determinar el funcionamiento de la plataforma bajo diferentes escenarios y actividades de interacción en la plataforma E-learning con alumnos del primer semestre de la materia de Informática 1 CIV-162 de la carrera de Ingeniería Civil, donde el docente publicó el contenido de la materia en la plataforma E-learning y los alumnos fueron accediendo a la plataforma con sus respectivo usuario y clave, una vez que el estudiante se autenticó todas las operaciones que realiza el estudiante se fueron registrando en el archivo de registros logy se obtuvo los siguientes resultados:

**Figura 17.** Análisis de resultados.



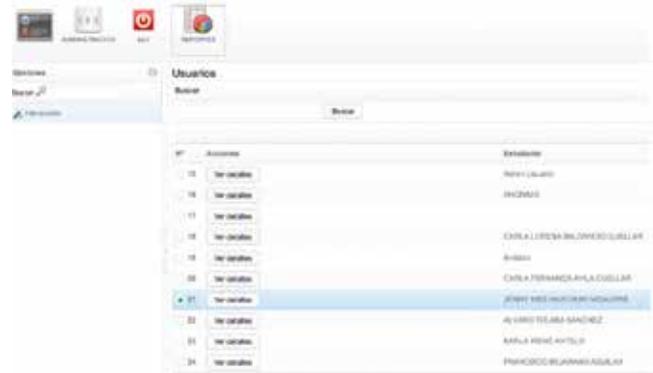
Pantalla que muestra la plataforma de agentes en ejecución

**Figura 18.** Plataforma de Agentes en ejecución.



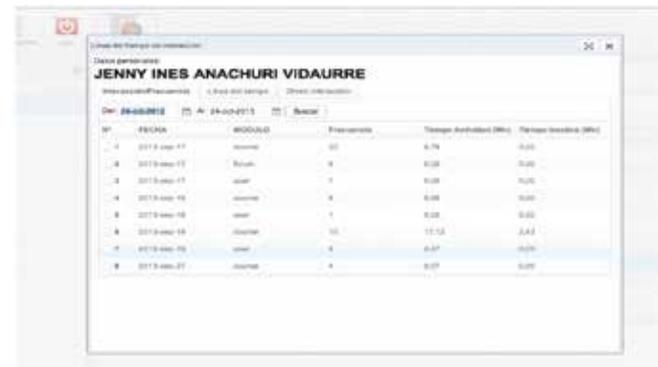
Pantalla de acceso a la interfaz de usuario

**Figura 19.** Pantalla de acceso a la interfaz de usuario.



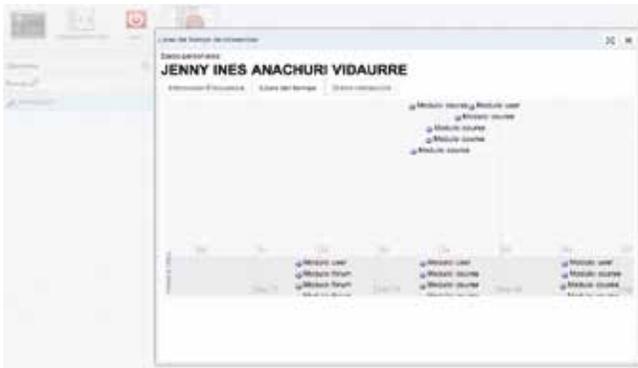
Pantalla principal que muestra la lista de usuarios que interactuaron con el sistema

**Figura 20.** Lista de usuarios que interactúan con el sistema.



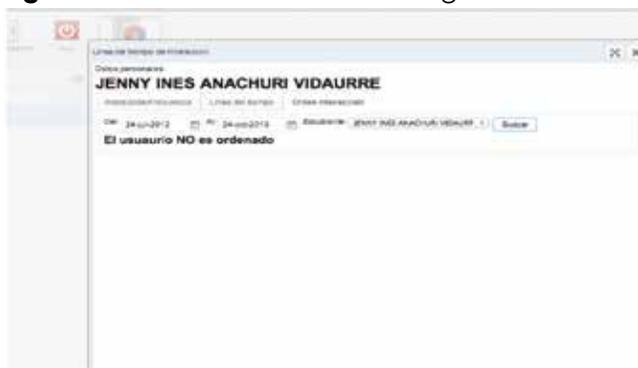
Pantalla que muestra el detalle de interacción de un estudiante en específico

**Figura 21.** Interacción de un estudiante en específico.



Pantalla que muestra el orden de interacción de manera gráfica

**Figura 22.** Interacción de manera gráfica.



Pantalla que muestra el resultado del orden de interacción de un determinado usuario

**Figura 23.** Interacción de un determinado usuario.



Pantalla que muestra el intercambio de mensaje entre los diferentes agentes.

### III. CONCLUSIONES

Luego de desarrollar un sistema Multi-Agente capaz de clasificar a los usuarios atendiendo a cómo se comportan dentro del sistema e-learning en función a los siguientes parámetros analizados durante su interacción con el sistema como ser: La frecuencia de uso, si son ordenados o desordenados, el tiempo de actividad o

inactividad, se ha decidido realizar la experiencia y su explotación en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, en la asignatura de Informática I de la carrera de Ingeniería Civil de la facultad de Ciencias y Tecnología, obteniendo como resultado, que el modelo cumple con los objetivos para los que fue creado. Se logra sentar las bases de un sistema Multi-Agente para el análisis del comportamiento de los usuarios de un sistema e-learning (SMACUS), con esta simulación se verifica que este sistema multi-agente desarrollado es capaz de clasificar a los usuarios en función a ciertos parámetros como por ejemplo si son ordenados o desordenados, la frecuencia de uso, el tiempo de actividad o inactividad dentro del sistema e-learning. La experiencia y su aceptación en la universidad implementada, ha conseguido que se logre la aceptación de la comunidad universitaria para pasar por este proceso de clasificación, lo que significa que contaremos con una herramienta capaz de clasificar a los usuarios en base a su comportamiento dentro del sistema que el mismo que luego de haberlo probado en una plataforma real como la es la de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, nos permite indicar que se pudo lograr con el objetivo planteado. Los resultados obtenidos nos permitirá conocer en detalle cómo interactúan los usuarios en el entorno de colaboración, información que puede ayudar tanto en el análisis posterior de los resultados de las tareas colaborativas ejecutadas, como en el posterior análisis de los usuarios de forma individual, esta información también nos permitirá ir perfeccionando el proceso de cristalización del conocimiento.

### REFERENCIAS

- [1] Bryson. Group decision-making and the analytic hierarchy process. exploring the consensus-relevant information content. Computers and Operational Research, 1(23):9,1996.
- [2] JADE: Java Agent Development Framework. <http://jade.tilab.com>. 3/2007.
- [3] JADE: Java Agent Development Framework. <http://sharon.cse.it/projects/jade/>
- [4] F.J. Garijo. Tecnología de agentes: Experiencias y perspectivas para el desarrollo de nuevos servicios y aplicaciones. Bole.tic, 24:1-9, 2002.
- [5] FIPA. Foundation for intelligent physical agents, website: <http://www.fipa.org>.

[6] FIPA: Foundation for Intelligent Physical Agents. <http://www.fipa.org/>. 3/2007.

[7] Mas, Ana: Agentes software y Sistemas Multi-Agentes. Conceptos, Arquitecturas y aplicaciones. Pearson. Prentice Hall. ISBN 84-205-4367-5., 2005.

[8] Persona-Ordenador (INTERACCION 2005), Granada, 13-16 Septiembre 2005. 89-98. 2005.

## OBTENCIÓN DE BIOETANOL POR HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DEL ALMIDÓN DE PAPA CARDENAL

Huayta Mamani Braulio Wilfor <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Investigador junior - Carrera de Ingeniería Química - Facultad de Ciencias y Tecnología  
UAJMS - Tarija, Bolivia

Correo electrónico: b\_w\_htarija@hotmail.com

### RESUMEN

Bolivia cuenta con una amplia variedad de papas (*solanum tuberosum*) de alta productividad que representan posibles alternativas industriales para la producción de azúcares fermentables y a partir de ellos obtener productos de mayor valor agregado como por ejemplo el alcohol biocombustible.

El objetivo del presente trabajo es obtener bioetanol por hidrólisis enzimática del almidón de papa cardenal con el fin de establecer la mejor condición para el proceso de hidrólisis enzimática. Para ello se utilizó una metodología de investigación científica diseño factorial de 23 dos niveles y tres variables: masa de enzima  $\alpha$ -amilasa (MEA), pH de la solución y temperatura del proceso de hidrólisis. en un tiempo de 2 horas alcanzando una concentración de azúcares totales de 11%.

Una vez conocidos los parámetros óptimos se procedió a la optimización del tiempo alcanzando una concentración de azúcares totales de 14 % en un tiempo de 2 horas y 30 minutos. En el proceso de fermentación alcohólica se logró alcanzar un grado alcohólico de 6,041 OGL en un tiempo de fermentación del mosto (azúcares y dextrina) de 24 días a partir del uso de la levadura *Saccharomyces bayanus* PB2870 en las condiciones óptimas; recomendado por el fabricante consecutivamente se realizó el proceso de destilación alcohólica en un rota vapor.

**Palabra Clave:** papa, alcohol, enzimas, almidón.

### ABSTRACT

Bolivia has a wide variety of high productivity potatoes (*solanum tuberosum*) that represent possible industrial alternatives for the production of fermentable sugars and from them to obtain higher added value products such as biofuel alcohol.

The objective of the present work is to obtain bioethanol by enzymatic hydrolysis of cardinal potato starch in order to establish the best condition for the enzymatic hydrolysis process. For this purpose, a scientific research methodology was used to design two 23 levels and three variables:  $\alpha$ -amylase enzyme mass (MEA), solution pH and hydrolysis process temperature. In a time of two hours reaching a concentration of total sugars of 11%.

Once the optimum parameters were known, the optimization of the time was achieved reaching a total sugar concentration of 14% in a time of 2 hours and 30 minutes.

In the alcoholic fermentation process it was possible to reach an alcoholic level of 6.041 OGL in a fermentation time of the must (sugars and dextrin) of 24 days from the use of the yeast *Saccharomyces bayanus* PB2870 in the optimal conditions; which are recommended by the manufacturer, after it was performed the alcoholic distillation process in a steam steamer.

Key word: potato, alcohol, enzymes, starch.

### INTRODUCCIÓN

#### Producción de Papa en Bolivia

La producción de papa en Bolivia genera 335 millones de dólares al Producto Interno Bruto (PIB) de Bolivia. El cultivo del tubérculo representa el 10 por ciento del PIB agrícola del país (INE, 2015).

La producción de papa en Bolivia del 2009 a 2014 según el Instituto Nacional de Estadística (INE), ha crecido un 18% (ver tabla 1).

**Tabla 1.** Superficie cultivada, producción y rendimiento de la papa.

Descripción	2012-2013	2013-2014
Superficie (ha)	187,520	190,209
Producción (T)	1.030,839	1.080,050
Rendimiento (T/ha)	5.897	5.678

Fuente: Instituto Nacional Estadísticas (INE), 2015

La producción de papa en la campaña 2013-2014 alcanzó 1,080,050.0 toneladas que se cultivan en un superficie de 190.209,0 hectáreas en toda Bolivia obteniendo un rendimiento del 5.678 T/ha (INE, 2014).

Según los datos del Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE) Bolivia requiere de al menos 490 mil toneladas del tubérculo para el abastecer su mercado interno.

En la industria de los biocombustibles es preciso establecer un modelo sostenible a partir del uso de fuentes renovables para proporcionar mayor seguridad al suministro de energía (biogás, biodiesel y etanol).

El bioetanol obtenido a partir del almidón de papa cardenal es una fuente renovable, sostenible y una alternativa económicamente viable debido a su alto rendimiento en la producción de bioetanol. Un estudio realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) indica que por cada tonelada métricas de papa se producen 110 litros de bioetanol.

La demanda anual de papa en Bolivia es de 490 mil toneladas que equivale aproximadamente a un medio de la oferta del producto en el mercado interno alcanzando un excedente de producción en Bolivia de 590,050 toneladas al año que equivalen en caso de ser procesadas, alrededor de 64.905,500 litros de alcohol al año.

A continuación se mencionan las razones más relevantes por las cuales este proyecto debe realizarse:

**Aspecto social:** Los productores de papa en las regiones tendrán una nueva alternativa para la venta de su producto como materia prima para la elaboración de bioetanol garantizando la compra del mismo; esto conlleva la ampliación de nuevas tierras agrícolas la generación de empleo en las regiones, mejorando la calidad de vida de los agricultores.

**Aspecto ambiental:** El etanol en la mezcla con gasolina reduce las emisiones de monóxido de carbono (CO) sin incrementar la de Óxidos Nitrosos (NOx). La mezcla de 10% de etanol al combustible trae los siguientes beneficios: reducción de un 30% de las emisiones de monóxido de carbono y disminución entre un 6% y un 10% de reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera.

## ANÁLISIS DE LA MATERIA Y MÉTODOS

### Análisis de la Materia Prima Papa Cardenal

La papa empleada para la obtención de bioetanol es la variedad cardenal de alta productividad en el departamento de Tarija, adquirida del mercado local ver tabla 2

**Tabla 2.** Composición proximal

COMPONENTE	COMPOSICIÓN %
Almidón	17,49
Humedad	77,48
Proteínas total	2,12
Azúcares totales	0,50

Fuente: CEANID, 2014.

### Hipótesis

Es posible obtener bioetanol por hidrólisis enzimática del almidón de papa cardenal mediante el uso de enzimas  $\alpha$ -amilasa.

## METODOLOGÍA

### Proceso de Hidrolisis Enzimática del Almidón

Para obtener etanol a partir del almidón es necesario romper las cadenas de este polisacárido para obtener jarabe de glucosa, el cual se puede convertir en etanol mediante las levaduras.

De cada 100 g de almidón se puede obtener teóricamente 111g de glucosa lo que implica una relación estequiometría de 9:10 (Sánchez, O. 2005).

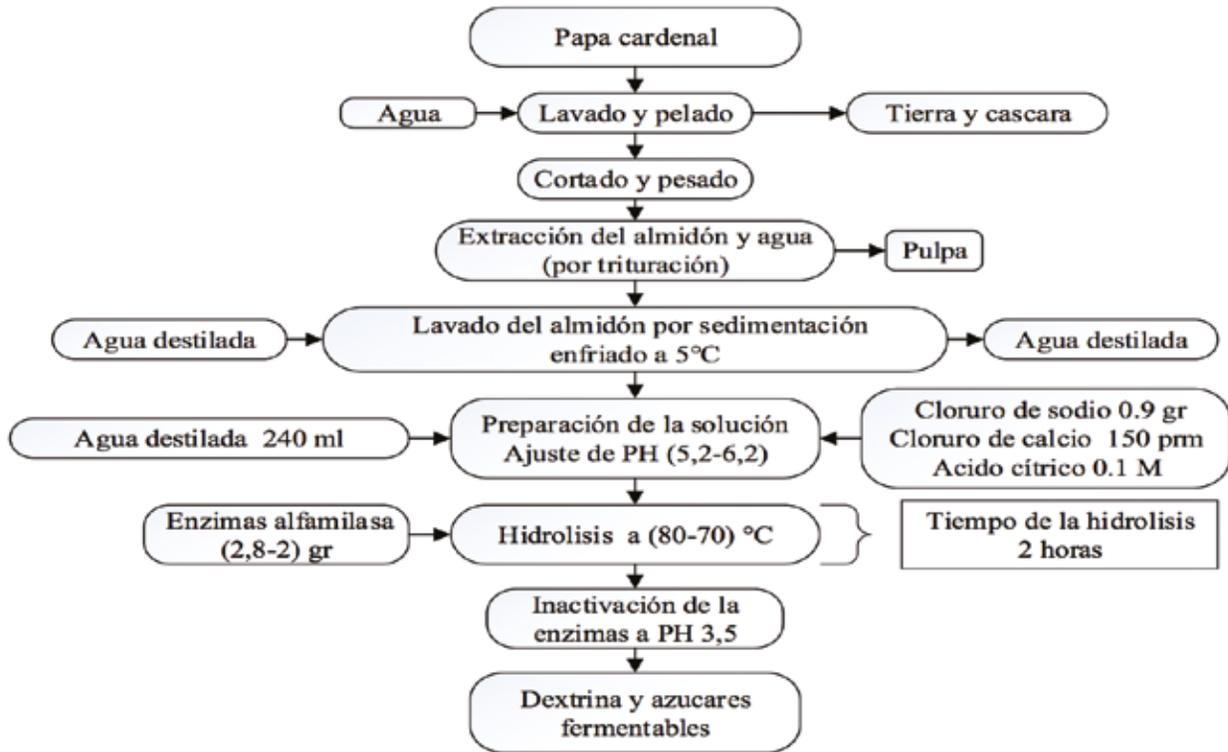
Para la hidrólisis del almidón se usa la  $\alpha$ -amilasa lo que le hace idea para la primera etapa de la hidrólisis de la suspensión del almidón que tienen que ser llevadas a la temperaturas de (70 - 80) °C para el rompimiento de estos gránulos de almidón provenientes de un tubérculo. (Carrera, C. 2004)

**Proceso de Hidrolisis Enzimática del Almidón**

El proceso se realizó bajo acción de enzimas dextrinizantes  $\alpha$ -amilasa en cantidades de 8 gr/litro recomendó por el fabricante.

En la figura 1 se muestra el proceso de conversión del almidón a dextrina y azúcares fermentables.

**Figura 1.** Diagrama de bloques del proceso de conversión del almidón a dextrina y azúcares fermentables.



Fuente: Elaboración propia, 2014

**Cuantificación de la Cantidad de Almidón en Cada Muestra**

Para la cuantificar de la cantidad de almidón que se encuentra en 250g de papa cardenal se procedió al secado en una estufa de 5 muestras, a 55 0C de temperatura y un tiempo determinado, hasta obtener un peso constante de las muestras (ver tabla 3).

Al extraer el almidón de papa cardenal se procedió a realizar el lavado con 500 cm3 de

agua, dejando reposar por un periodo de 30 min que dura el proceso de sedimentado del almidón; luego se eliminó toda el agua superficial, dejando una muestra humedad (almidón y agua) con un peso de la muestra 1 de 70,01 gr.

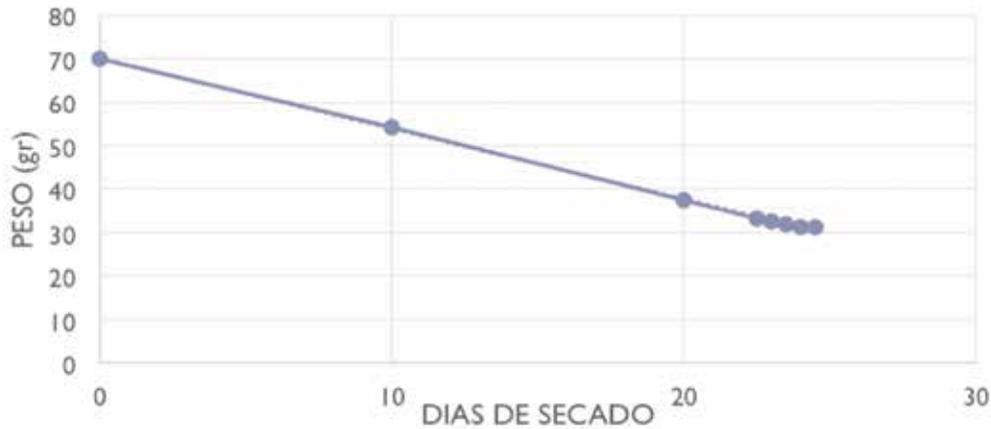
Para eliminación el agua de la muestra se procedió a realizar el secado de la muestra 1 en una estufa por un periodo de 24.5 horas. Al culminar el proceso de secado de la muestra 1 tiene un peso seco de 31,34 gr.

**Tabla 3.** Secado de la muestra 1

<b>Peso(g)</b>	<b>70,01</b>	<b>54,23</b>	<b>37,40</b>	<b>33,29</b>	<b>32,7</b>	<b>31,85</b>	<b>31,34</b>	<b>31,34</b>
<b>t(h)</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>22,5</b>	<b>23</b>	<b>23,5</b>	<b>24</b>	<b>24,5</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2.** Curva de secado muestra 1



Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos obtenidos en el secado se pudo cuantificar la masa de almidón que contiene 250g de papa cardenal y poder cuantificar el volumen de agua destilada en la hidrólisis a partir de la relación 1:10 sólido –líquido.

### Diseño Factorial para la Hidrolisis

En base al marco teórico realizado para el presente trabajo se fijó dos temperaturas del proceso de hidrólisis de 70oC y 80oC, masa de

enzima  $\alpha$ -amilasa de (2 gr y 2,8 gr) y un pH del proceso de hidrólisis (5,2 y 6,2) que se encuentra dentro del intervalo que se estableció por Jorge Carrera y el fabricante (ver tabla III-2).

El tiempo de hidrólisis se mantuvo constante durante un tiempo de 2 horas que luego de conocer las condiciones óptimas del proceso de hidrolisis se procedió a una optimización del tiempo.

**Tabla 4.** Parámetros para la conversión del almidón a dextrina y azúcares fermentables.

Nivel	masa de enzima $\alpha$ -amilasa (MEA) en (gr)	pH de hidrólisis en (pH)	Temperatura de hidrólisis (T) en (C°)
superior	2.8	6.2	80
inferior	2	5.2	70

Fuente: Elaboración propia.

Tomando estos datos como punto de partida se realiza un diseño factorial de 23 (dos niveles, tres variable).

N° variables = 3

Niveles = 2

N° de experimentos =  $2^3 = 8$

Como se harán dos repeticiones entonces.

N° de experimentos =  $8 * 2 = 16$

Considerando las combinaciones de estas variables se determinaran cuál de ellas es la más significativa cuando se analice la variable respuesta previo análisis de laboratorio de

azúcares totales ver tabla 5.

### RESULTADOS DEL PROCESO DE HIDROLISIS.

El grado de hidrolisis de un almidón se expresa generalmente en función del equivalente de dextrosa el cual está directamente relacionado con la cantidad de grupos libres de azúcares.

#### Análisis de Azucares Totales

Las muestras de hidrolizado de almidón de papa cardenal fueron analizados por el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), cuyo resultados se expresa en la tabla 5

**Tabla 5.** Resultados de azúcares totales.

Muestra	MEA (gr)	pH-h (pH)	T (°C)	Azuceres Totales (%)	
				Análisis 1	Análisis 2
1	2	5,2	70	5,31	6,70
2	2	6,2	70	5,12	5,35
3	2,8	5,2	70	10,26	10,21
4	2,8	6,2	70	6,42	6,75
5	2	5,2	80	4,50	5,69
6	2	6,2	80	6,64	5,65
7	2,8	5,2	80	11,06	10,90
8	2,8	6,2	80	7,05	5,35

Fuente: Elaboración propia

### Optimización del Tiempo de Hidrólisis

Una vez definidos los parámetros óptimos de la fase de hidrolizado se procedió a optimización del tiempo del proceso.

Para la optimización del tiempo se tomó muestras de la solución a diferentes tiempos ver tabla 6 de reacción de hidrolizado para realizar un

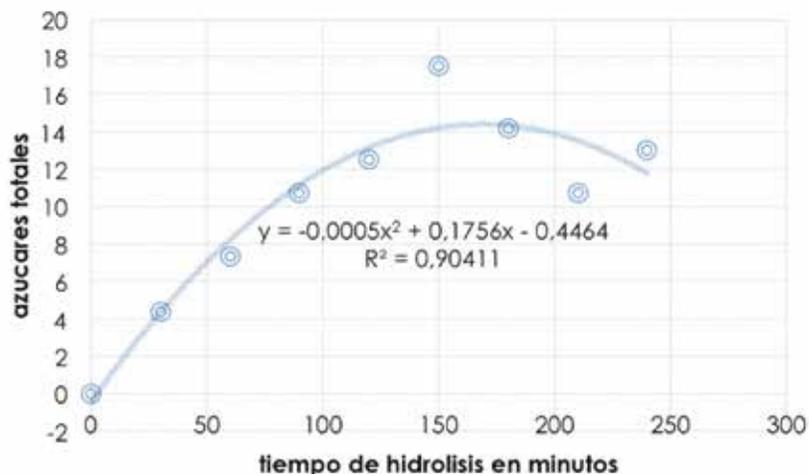
seguimiento del aumento de azúcares formados en el proceso.

A partir de la curva de hidrólisis del almidón de papa cardinal se procedió a calcular el tiempo óptimo del proceso de hidrólisis de 2 horas y 30 minutos (ver figura 3) pasado este tiempo no se justifica seguir la reacción porque la producción no aumenta considerablemente.

**Tabla 6.** Optimización del tiempo de hidrólisis

Azuceres totales (%)	0,0	4,35	7,30	10,70	12,50	17,50	14,20	10,70	13
Tiempo (min)	0	30	60	90	120	150	180	210	240

Fuente: Elaboración propia

**Grafico IV-2.** Curva de hidrólisis

Fuente: Elaboración propia

### PROCESO DE FERMENTACIÓN

Los factores físicos que se deben considerar en la fermentación alcohólica son esencialmente el pH y la temperatura de fermentación.

La temperatura de fermentación del mosto (dextrina y azúcares) se conserva a temperatura constante de 38 oC que se encuentra dentro del intervalo especificado por el fabricante de (40 oC a 35 oC).

El pH de fermentación alcohólica según el fabricante de la levadura *Saccharomyces Bayanus* PB2870 tiene un pH óptimo comprendido entre 4,0 y 3,5

En la figura 4 se muestra el proceso de fermentación alcohólica y destilación.

Para el proceso de fermentación alcohólica se usó levadura *Saccharomyces bayanus* PB2870

previamente activada. Normalmente las levaduras actúan sobre la glucosa pero hay que considerar que el mosto obtenido por la hidrólisis del almidón es una mezcla de azúcares fermentables y dextrina. Por eso se recurrió a la levadura (hongo) *Saccharomyces bayanus* PB2870 que tiene una composición: levadura seca activa, lípidos, carbohidratos y enzima (proteínas) que hidroliza la dextrina del mosto de fermentación.

**Figura 4.** Diagrama de bloque del proceso de fermentación alcohólica y destilación



Fuente: Elaboración propia, 2014

**RESULTADOS DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN ALCOHOLICA**

(ver tabla 7) en un tiempo de fermentación de 22 días.

**Datos Obtenidos en la Primera Fermentación**

Los datos obtenidos en la fermentación alcohólica fueron densidad relativa (gr/cm<sup>3</sup>) y pH del mosto

Se observa un descenso en la densidad relativa y pH del mosto en el trascurso de los días. La disminución de la densidad relativa se debe a la formación de etanol que tiene menor densidad que el agua.

**Tabla 7.** Datos obtenidos en la primera fermentación.

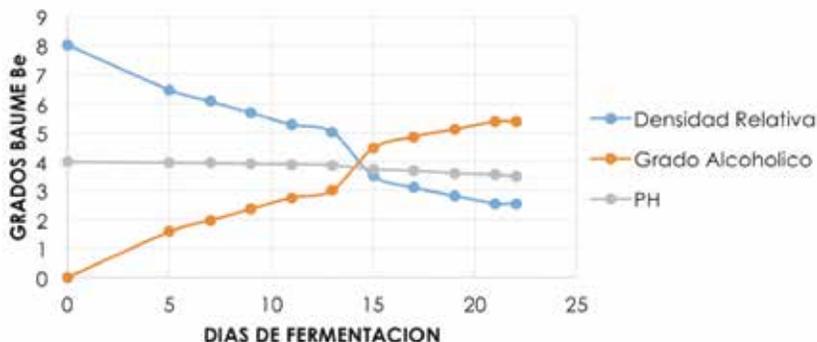
Tiempo (días)	Grados Baume (°Be)	Densidad Relativa (gr/cm <sup>3</sup> )	Grado Alcohólico (°GL)	pH Fermentación
0	8,03	1,059	0	4
5	6,48	1,047	1,575	3,96
7	6,08	1,044	1,968	3,95
9	5,68	1,041	2,362	3,92
11	5,28	1,038	2,756	3,91
13	5,01	1,036	3,018	3,87
15	3,51	1,025	4,462	3,74
17	3,1	1,022	4,856	3,68
19	2,82	1,02	5,118	3,6
21	2,55	1,018	5,381	3,55
22	2,55	1,018	5,381	3,48

Fuente: Elaboración propia

$(\text{OGL}) = (\text{Dr inicial} - \text{Dr final}) * 131.25$   
 $(\text{OGL}) = (1,059 - 1,018) * 131.25 = 5.381$

Nota: Cabe mencionar que le grado alcohólico (OGL) calculado por la ecuación es la cantidad de alcohol probable en la solución

**Figura 5.** Primera fermentación alcohólica.



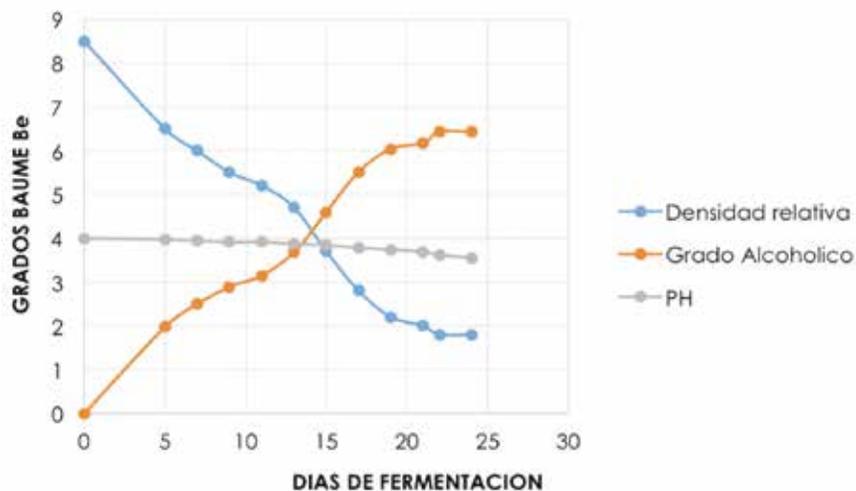
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8.** Datos obtenidos en la segunda fermentación.

Tiempo (días)	Grados Baume (°Be)	Densidad Relativa (gr/cm3)	Grado Alcohólico (°GL)	pH FERMENTACION
0	8,5	1,062	0	4
5	6,5	1,047	1,968	3,97
7	6,0	1,043	2,493	3,94
9	5,5	1,040	2,887	3,91
11	5,2	1,038	3,150	3,91
13	4,7	1,034	3,675	3,87
15	3,7	1,027	4,593	3,84
17	2,8	1,020	5,512	3,78
19	2,2	1,016	6,037	3,74
21	2,0	1,015	6,168	3,69
22	1,8	1,013	6,431	3,62
24	1,8	1,013	6,431	3,55

Fuente: Elaboración propia

**Figura 6.** Segunda fermentación alcohólica.



Fuente: Elaboración propia

Al comparar los resultados obtenidos en la primera fermentación y segunda fermentación alcohólica. Se evidenció que en la primera fermentación hubo un descenso de la densidad relativa de 8,03 oBe a 2,55 oBe en el transcurso de 22 días. En la segunda fermentación el descenso de la densidad relativa de 8,5 oBe e 1,8 oBe en el transcurso de 24 días.

La diferencia de 2 días de fermentación y una disminución mayor de la densidad relativa de la segunda fermentación alcohólica alcanzo una taza mayor de formación de alcohol a 6,43 oGL.

Los resultados obtenidos en la primera fermentación y segunda fermentación

Alcohólica, fueron satisfactorios debido a una aproximación de los resultados, que comprueba,

**Tabla 9.** Resultados de la destilación discontinua.

N	mostro filtrado (cm <sup>3</sup> )	Resultados de la destilación		Grado alcohólico producto de cabeza (°GL)	Volumen de alcohol destilado (cm <sup>3</sup> )
		Producto de cabeza (cm <sup>3</sup> )	Producto de cola (cm <sup>3</sup> )		
1	1000	278	722	22,5	62,55
2	1000	287,5	712,5	21,5	61,8125
3	1000	250,5	749,5	20,5	51,3525
4	1000	267,5	732,5	21	56,175
<b>Promedio del Grado alcohólico</b>				<b>21.375</b>	<b>57,97</b>

Fuente: Elaboración propia.

## DISCUSIÓN

El porcentaje de almidón seco que se encuentra en 250g de papa cardenal se cuantifico mediante el secado de 5 muestras de almidón previamente lavada a 55 0C de temperatura y un tiempo determinado de 24 horas, obteniendo una masa promedio de 31.014 gr de almidón seco. Al obtener la masa se cuantifica el volumen de agua destilada para el proceso de hidrolisis a partir de la relación 1:10 solido-liquido.

La presente investigación determino que por cada 1000 gr de papa cardenal es posible obtener 124.059 gr de almidón. Obteniendo un rendimiento del 12,959 %.

Como resultado de los ensayos programados por el diseño factorial del proceso de hidrolisis la combinación óptima para el proceso es: masa de enzima  $\alpha$ -amilasa de 2,8 gr , pH de solución 5,2 y temperatura 80 oC siendo esta la mejor combinación del proceso. Al obtener mayor concentración de azúcares totales expresados en porcentaje de 11,06% en un tiempo de 2 horas

Desarrollar un estudio concerniente a la hidrólisis

un procedimiento correcto de preparación del mosto (dextrina y azucares) para su posterior fermentación y la activación correcta de la levadura *Saccharomyces Bayanus* PB2870.

## RESULTADOS DEL PROCESO DESTILACIÓN ALCOHÓLICA

### Destilación Alcohólica

Finalmente para determinar la concentración del etanol producido a lo largo de la fermentación del mosto, se procedió a la destilar de las muestras del mosto filtrado en un destilador discontinuo. Los resultados se muestran en la tabla 9

enzimática con otros compuestos. Fuentes ricas en almidón, como cereales (maíz, trigo, cebada, etc.) y de tubérculos (yuca, biomato, etc.); materiales ricos en celulosa, madera y los residuos agrícolas, previa eliminación del lignito.

Complementar el presente estudio con un diseño factorial en el proceso de fermentación alcohólica, con el propósito de mejorar el rendimiento obtenido de alcohol que por motivos económicos no se pudo realizar.

## BIBLIOGRAFÍA

Ariel, Ruiz. (2009). La seguridad Energética De América Latina Y El Caribe En El Contexto Mundial [libro en línea]. Serie de investigación (CEPAL). Fecha de consulta: 30 de marzo 2014. Disponible en: <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/3/32123/lcl2828e.pdf>

Abad, M. (2013). Biocombustibles. [libro en línea]. Serie de investigadores (Anuario OPYP 2013). Fecha de consulta 8 de abril de 2014. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario2013/material/pdf/pdf>

Ballesteros, M. (2006, noviembre 2). Carburante Sin Petróleo: Bioetanol. *Investigación y Ciencia* [artículo en línea]. pp 79-80. Fecha de consulta 1 de abril de 2014. Disponible en: <http://www.investigacionyciencia.es/files/5392.pdf>

Brumovsky, L. (2010). *Química del Almidón*. Fecha de consulta 8 de abril de 2014, de: <http://www.aulavirtual-exactas.dyndns.org/>

Centro Internacional de la Papa (CIP), (2012, noviembre 8). Producción de papa da \$us 335 millones. [La Prensa]. pp 10. Fecha de consulta: 4 abril 2014. Disponible en: [http://www.laprensa.com.bo/diario/actualidad/economia/20121108/produccion-de-papa-da-us-335-millones\\_37399\\_59852.html](http://www.laprensa.com.bo/diario/actualidad/economia/20121108/produccion-de-papa-da-us-335-millones_37399_59852.html)

Dickinson, J. et al. (2003, febrero 3). *Metabolism and molecular physiology of Saccharomyces cerevisiae*. Inc, 4<sup>o</sup> ed London.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2013, septiembre 15). Estadísticas Del Cultivo De Papa. Fecha de consulta: 4 abril 2014, de: <http://www.agrobolivia.gob.bo/compendio2012/files/assets/downloads/page0087.pdf>

Instituto de Innovación Agraria y Forestal (INIAF), (2013, abril 24). Al año, cada boliviano consume un promedio de 92 kilos de papa. [Radio FM Bolivi.Net]. pp 1. Fecha de consulta: 4 abril 2014. Disponible en: <http://www.fmbolivia.net/noticia58735-al-ao-cada-boliviano-consume-un-promedio-de-92-kilos-de-papa.html>

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2013, septiembre 15). Estadísticas Del Cultivo De Papa. Fecha de consulta: 4 abril 2014, de: <http://www.agrobolivia.gob.bo/compendio2012/files/assets/downloads/page0087.pdf>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2007). Atlas de la Agroenergía y los Biocombustibles en las Américas. [Libro en línea]. Serie de investigadores (IICA, 2007). Fecha de consulta 5 de mayo de 2014. Disponible en: <http://www.iica.int>

Mateos, P. (2010). Tipos de Fermentadores. Fecha de consulta 5 de junio de 2014, de: <http://darwin.usal.es/profesores/pfmg/sefin/MI/tema12MI.html>

## ESTUDIO DE LA ADHERENCIA EN LA UNIÓN DE HORMIGÓN NUEVO CON HORMIGÓN VIEJO EN VIGAS DE HORMIGÓN SOMETIDAS A FLEXIÓN

Valdez Rodríguez Luis Fernando <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero Civil Investigador Junior Departamento de Estructuras – Carrera de Ingeniería Civil – Facultad de Ciencias y Tecnología – UAJMS - Tarija, Bolivia

Correo electrónico: vicmost@hotmail.com

### RESUMEN

Al unir hormigón viejo con hormigón nuevo se tiene como problema la adherencia, que es muy difícil de lograr, por lo que las últimas tecnologías han desarrollado diferentes tipos de productos químicos (epóxicos) para lograr este objetivo, aunque se obtuvieron buenos resultados la adherencia monolítica es muy difícil de lograr por lo que es necesario realizar un estudio con cuatro métodos de adherencia en la unión de hormigón viejo con hormigón nuevo para establecer métodos de reducción de las fisuras y evitar inconvenientes en la construcción.

Con la elaboración del presente trabajo de investigación se pretende instaurar el método de adherencia más eficaz tanto técnico como económico para unir hormigón nuevo con hormigón viejo en vigas sometidas a flexión utilizando tres tipos de materiales adherentes, además de dosificar dos tipos de viga patrón, una como valor máximo cuyas probetas no tendrán junta por lo que serán macizas y otras como valor mínimo cuyas probetas no tendrán tratamiento de junta.

El proyecto consistirá en un estudio de investigación experimental materializando dosificaciones en dos etapas para evaluar la adherencia que existe en la unión de hormigón nuevo con hormigón viejo en estructuras de hormigón sometidas a flexión.

### ABSTRACT

By joining old concrete with new concrete, we have a problem of materials adhesion, which is very difficult to achieve. The latest technologies have developed different types of chemical products (epoxy) to achieve this goal, although good results were obtained by monolithic adhesion is very difficult to achieve. The purpose of this research is conduct a study with four methods of adhesion at the junction of old concrete with new concrete, and this way establish methods of reduction on the fissures and avoid disadvantages in the construction.

The elaboration of the present research aims to establish more effective adhesion method both technical and economical to attach concrete new with old concrete beams subjected to bending using three types of materials adhering, In addition to dispensing two types of beam pattern, one as maximum value whose specimens will have no Board that will be solid and others such as minimum value whose specimens will be tr...

### INTRODUCCIÓN

La problemática actual de la sociedad a nivel mundial y en especial la de nuestro país, se encuentra plagada de conflictos políticos, económicos y en su mayoría sociales que desencadenan en contiendas entre distintos sectores, paros, toma de instituciones, etc. ocasionando que, las obras que se encuentran en plena etapa de ejecución, se tengan que paralizar. Otros factores que ocasionan la paralización son errores en el presupuesto, mala administración, insuficiencia de madera para el encofrado, construcción y factores ambientales.

Esto provoca que, cuando se reactive la construcción, se tenga que adherir el hormigón viejo y el hormigón nuevo en la mayoría de los casos sin ningún tipo de aditivo epóxico o sin el procedimiento de adherencia adecuado.

Los aditivos epóxicos son productos químicos creados con el fin de unir el hormigón nuevo con el hormigón viejo manteniendo sus características estructurales. El uso de estos aditivos no es común en obras por el costo que tienen y por la falta de exigencia que existe en el proceso de construcción.

Al ser escaso el uso de estos aditivos, en su lugar, algunas empresas optan por el uso de lechada de cemento, otras solo saturan la superficie de hormigón viejo y otras no usan nada, por lo que es necesario realizar un análisis de la influencia en las características estructurales del hormigón el uso o no de estos diferentes métodos de adherencia

en los puntos de unión de hormigón viejo con hormigón nuevo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar la adherencia entre hormigón nuevo y hormigón viejo en el pasado se ha usado capas de material adherente comúnmente mortero arena-cemento o pasta de cemento hidratado obteniendo mejores resultados con el último.

Algunas veces se usan resinas epóxicas como agentes de unión, estos materiales desarrollan buena adherencia alcanzando resistencias a tensión y cortante mayores que las del concreto. Son resistentes a la mayor parte de los químicos y algunas formulaciones son altamente resistentes al agua. No es posible alcanzar resultados aceptables cuando el concreto es colocado en capas delgadas. Hay algunas desventajas en el uso de las resinas epóxicas, como la toxicidad y su corta duración después de preparada. Se han relacionado con diferencias en las propiedades térmicas y de tensión; a módulos de elasticidad diferentes de los dos materiales.

Al ser los aditivos químicos productos elaborados con un fin específico, en este caso Sikadur 32 Gel y Colma Fix 32 utilizados para adherir hormigones a diferentes edades asegurando características necesarias en la obra a un costo muy elevado, por esta razón son productos muy poco utilizados en las construcciones.

Los materiales convencionales, como la leche de cemento, al ser productos mucho más económicos que los aditivos químicos cuya elaboración se realiza en obra al mezclar cemento y agua con 30% y 40% de cemento por unidad de volumen, pueden obtener características similares a los aditivos químicos a un costo mucho más bajo. Es así que este trabajo de investigación se realizó con el fin de determinar si, los materiales convencionales como la leche de cemento pueden reemplazar a los aditivos químicos, Sikadur 32 Gel y Colma Fix 32, cuando se trata de unir hormigón nuevo con hormigón viejo.

## PROCEDIMIENTO

Inicialmente se realizara la caracterización de los agregados para establecer la dosificación correspondiente según la norma ACI (American Concrete Institute) para que así se pueda proceder con el hormigonado de las probetas tanto de viga como cilíndricas.

Las probetas serán vaciadas hasta un tercio de la luz total de la viga dejando un ángulo de espera de 45° para realizar el proceso de adherencia, esta inclinación está en función a las fisuras en las vigas de hormigón armado debido al esfuerzo cortante por tracción y por cortante/flexión, ambas ocasionadas por falla del hormigón al haber excedido su resistencia a tracción límite y se dejaran secar por 28 días cuando se supone alcance su resistencia máxima y la superficie de contacto se encuentre totalmente seca, posteriormente se efectuaran los métodos de adherencia con los tres materiales aditivos y se vaciara el tercio faltante de las probetas y se dejara secar por otros 28 días para así romper en laboratorio a flexión las probetas de vigas. Los materiales adherentes a usar son los aditivos químicos Colma Fix 32, Sikadur 32 Gel y el material convencional Lechada de cemento.

**Figura 1.** Elaboración de probetas



Además se realizará la elaboración de probetas patrón para establecer los rangos máximos y mínimos entre los cuales se supone deben estar los valores de las vigas con tratamiento de junta.

La primera viga patrón será maciza sin la unión entre hormigones a diferentes edades y se ensayarán a los 28 días cuyo valor será instaurado como el máximo a alcanzar por las vigas con tratamiento de junta.

La segunda viga patrón será con la unión entre hormigones a diferentes edades pero no tendrá tratamiento de junta y se ensayaran a los 28 días cuyo valor será establecido como el límite mínimo para las vigas con tratamiento de junta.

**Procedimiento que se desarrolló en el laboratorio para la realización de los ensayos**

- Se realizó el mezclado de la grava, arena, cemento y agua mediante una mezcladora para lograr la distribución homogénea de los mismos.
- Una vez realizada la pasta de hormigón se procedió a efectuar el ensayo del cono de Abrams para ver el asentamiento que sufre la pasta.
- Una vez ejecutado el cono de Abrams se procedió a colocar la pasta en 2 capas, cada capa con la cantidad de golpes con la varilla necesarias para que la mezcla sea homogénea en moldes cúbicos de lado 15cm x 15cm y de largo 60 cm tal como se especifica en la norma para ensayos de rotura. El mismo que se realizó en dos etapas, la primera hasta un tercio de viga dejando un ángulo de espera de 45° para realizar el proceso de adherencia, esta inclinación está en función a las fisuras en las vigas de hormigón armado debido al esfuerzo cortante por tracción y por cortante/flexión ambas ocasionadas por falla del hormigón al haber excedido su resistencia a tracción máxima. Después de los 28 días se completó los dos tercios de viga faltante utilizando el aditivo y el método correspondiente para mejorar la adherencia.
- Pasada las 24 horas se procedió a quitar los moldes cilíndricos y realizar el curado de las probetas en agua como se muestra en la figura.
- La rotura de probetas se la realizó a los 28 días de edad del hormigón mediante el equipo que se muestra en la figura.
- Una vez ejecutado el cono de Abrams se procedió a colocar la pasta en 3 capas cada capa con 25 golpes con la varilla en moldes cilíndricos de diámetro 15 cm y de altura 30 cm tal como se especifica en la norma para ensayos de rotura.
- Pasada las 24 horas se procedió a quitar los moldes cilíndricos y efectuar el curado de las probetas en agua. La rotura de probetas se la realizó a los 28 días de edad del hormigón mediante el equipo que se muestra en la figura.

La medida de la resistencia a flexión se realizara mediante pruebas estandarizadas de la norma ASTM C 78. Por lo tanto las probetas serán elaboradas en vigas de 15cm x 15cm de sección y 60 cm de largo.

**Figura 2.** Ensayo a flexión



La información de los datos para la rotura de probetas se basara en el procedimiento probabilístico de muestreo aleatorio simple, es decir cada medición tendrá una muestra de 11 probetas para las vigas que serán ensayadas a flexión haciendo un total de 55 vigas y 3 probetas cilíndricas para el ensayo a compresión.

**Figura 3.** Ensayo a compresión



### Ensayo de Resistencia

Determinación de la resistencia a tracción por flexión de las vigas con diferentes tipos de junta y para las vigas patrón, para realizar un evaluó de la junta.

- F = Carga directa aplicada con la prensa de flexo tracción.
- a = Dimensión o lado de la sección de la viga.
- $f_{ct}$  = Resistencia a tracción.

$$f_{ct} = \left( \frac{3 * F}{a^2} \right) * 0.5$$

## RESULTADOS

Una vez realizada la caracterización de agregados se estableció la dosificación adecuada y se

ejecutó el vaciado las probetas de viga y cilíndricas en función al procedimiento mencionado anteriormente, después del curado respectivo se procedió a realizar los ensayos correspondientes.

**Tabla 1.** Determinación de la resistencia a tracción por sometimiento a flexión de las vigas.

ADITIVO PARA JUNTA	RESISTENCIA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN MEDIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION. STANDARD.	COEF. DE STUDENT "K"	RESISTENCIA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN CARACTERÍSTICA (Kg/cm <sup>2</sup> )
Macizo	19,800	1,695	1,800	16,749
Sin Tratamiento	14,416	1,005	1,800	12,607
Colma Fix 32	18,298	1,460	1,800	15,714
Leche de Cemento	17,256	1,866	1,800	13,907
Sikadur 32 Gel	17,049	1,380	1,800	14,566

**Tabla 2.** Determinación de la resistencia a compresión del hormigón.

ELEMENTO	IDENTIFICACION	RESISTENCIA A LOS 28 DIAS [Kg/cm <sup>2</sup> ]
Probeta Patrón	1	222,68
Probeta Patrón	2	230,25
Probeta Patrón	3	226,67
Resistencia media a compresión		226,53

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

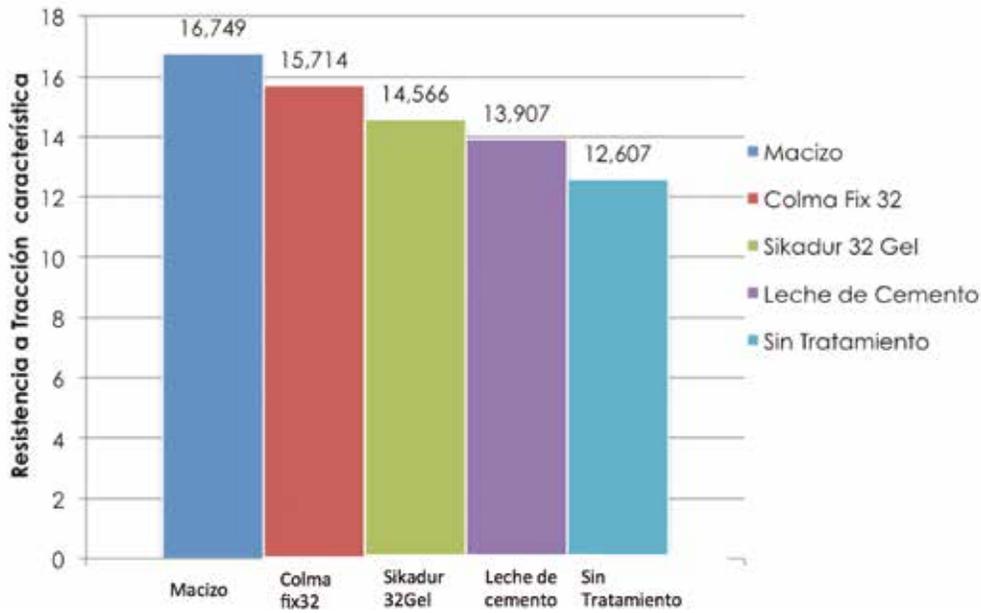
### Ensayo a compresión

Las probetas cilíndricas alcanzaron una resistencia media de 226,53 kg/cm<sup>2</sup> mayor a lo esperado que era de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esto se debe a que se realizó un control muy estricto al momento de dosificar y los agregados eran bien lavados, por lo que el hormigón cuenta con las condiciones necesarias para realizar el análisis de la junta con aditivo.

### Ensayo a flexión

La resistencia a la tracción por flexión o Módulo de Rotura para los diferentes tipos de tratamientos de junta con materiales aditivos diferentes se muestran en la siguiente gráfica:

**Figura 4.** Resistencia a Tracción por flexión característica Kg/cm<sup>2</sup>



Las vigas con junta tratada con los aditivos Colma Fix 32, Sikadur 32 Gel, leche de cemento y las vigas macizas se rompieron de forma vertical por la parte central o sobre el apoyo donde empieza la inclinación de la junta que era lo esperado.

Las vigas sin tratamiento se rompieron de forma inclinada justo por donde pasaba la línea de la junta de unión.

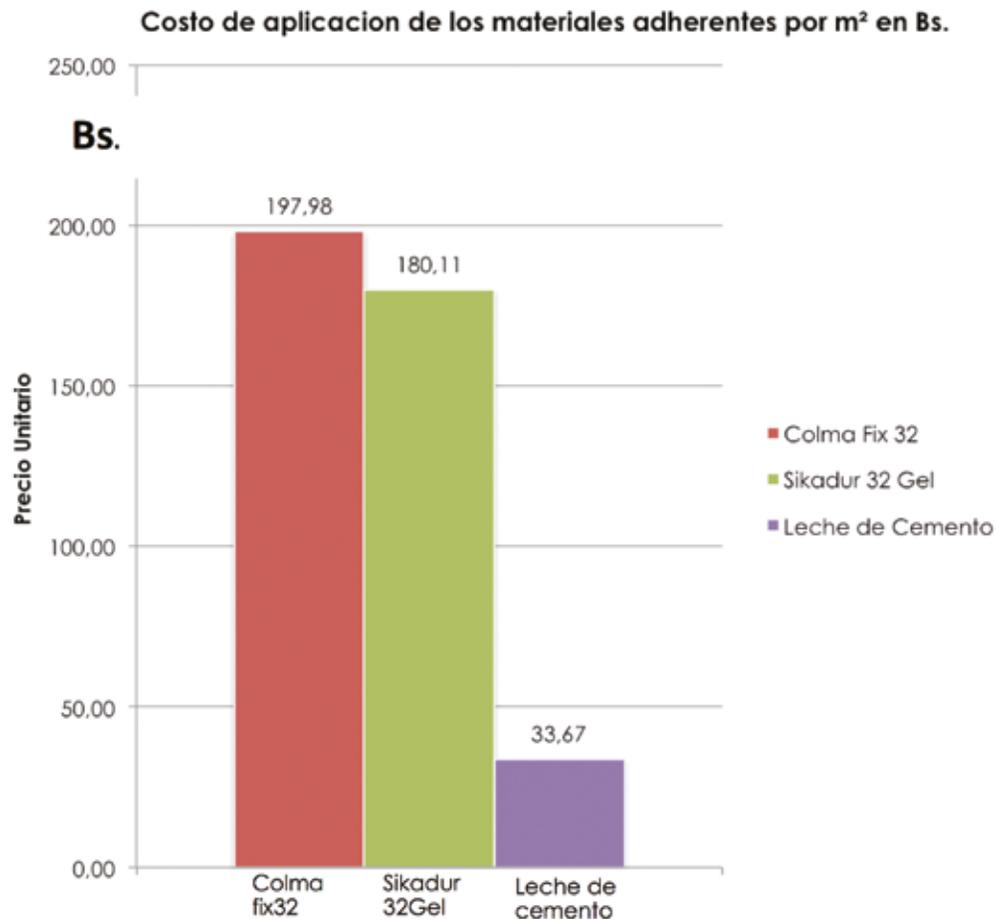
Como se puede observar Colma Fix 32 se encuentra por encima de los otros materiales adherentes como Sikadur 32 Gel y leche de cemento.

La diferencia entre la junta tratada con Colma Fix 32 que es el mayor y la junta tratada con

leche de cemento que es la menor, es de 1,807 kg/cm<sup>2</sup>, cuyo valor es técnicamente mínimo por lo que se concluye que cualquiera de los materiales adherentes utilizados en los ensayos de este trabajo de investigación como ser leche de Cemento, Colma Fix 32 y Sikadur 32 Gel son útiles para realizar la junta de adherencia entre hormigón nuevo y hormigón viejo.

**Análisis Económico.**

En cuanto al análisis económico, el rendimiento y el costo de los productos químicos y de la leche de cemento se representa en los siguientes cuadros de Precios Unitarios:

**Figura 5.** Gráfico comparativo entre el costo en Bs. De los diferentes materiales aditivos.

Como se puede observar en la gráfica 2, el m<sup>2</sup> de junta de Colma Fix 32 tiene un costo de Bs. 197,98, el m<sup>2</sup> de junta de Sikadur 32 Gel tiene un costo de Bs. 180,11 y el m<sup>2</sup> de junta Leche de Cemento tiene un costo de Bs. 33,67. Al ser la leche de cemento una pasta muy diluida su rendimiento aumenta considerablemente en comparación con los productos químicos que son sustancias muy densas, además de que el costo que existe entre los productos químicos y la leche de cemento es demasiado grande.

Por lo que la junta con tratamiento de Lechada de Cemento es, económicamente, la más ideal para realizar este tipo de juntas.

## DISCUSIÓN

En el presente trabajo, por tratarse de elaborar un análisis de la junta de unión entre hormigón nuevo con hormigón viejo con tres tipos de materiales adherentes se ha llegado a las siguientes conclusiones:.

- Se realizó el estudio de las características necesarias para dosificar, del agregado grueso y del agregado fino, en el Laboratorio de Suelos

y Hormigones de la UA JMS. en función a las normas establecidas.

- Las características de los agregados se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma por lo que son aptos para dosificar.
- Se ejecutó el vaciado de las probetas cilíndricas las mismas que alcanzaron una resistencia a compresión media de 226,53 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad del hormigón.
- Se efectuó el vaciado de las probetas de viga en dos etapas con una diferencia de 28 días usando para adherir el hormigón fresco con el hormigón endurecido tres tipos de materiales adherentes según especificaciones.
- Se ensayó por flexión a las probetas de viga con lo cual se pudo determinar los valores de la resistencia a tracción por flexión o módulos de rotura medios (M. R.) para cada tipo de tratamiento de junta los mismos que se usaron para determinar la mejor alternativa.
- Después de realizar los análisis correspondientes el método de adherencia más eficaz tanto técnico como económico para unir hormigón nuevo con hormigón viejo en vigas sometidas a flexión es la aplicación de la leche de cemento el cual tiene un M. R. de 13,907 kg/cm<sup>2</sup> y un costo unitario de Bs. 33,67 el m<sup>2</sup>.

- La leche de cemento puede reemplazar a los aditivos químicos, significando un costo menor y conservando en un 83,03 % de la resistencia de la viga patrón, cuando se trata de adherir hormigón nuevo con hormigón viejo.

En función a los resultados obtenidos se puede recomendar el uso de la leche de cemento cuando se trata de adherir hormigón nuevo con hormigón viejo en vigas de hormigón sometidas a flexión ya que el mismo es un producto convencional de elaboración en obra, que conserva en un 83% las características mecánicas para este tipo de unión a un costo mucho menor que los aditivos químicos.

## BIBLIOGRAFÍA

Castellanos Vásquez J. (2014) "Compendio preparado por el docente de la asignatura" UAJMS -Tarija.

American Concrete Institute (ACI) (2005), "Normas de Dosificación de Hormigones", Estados Unidos.

American Society Testing Materials (ASTM.) (1999), "Manual de normas" Volumen 4.02, Estados Unidos"

Méndez Álvarez C. E. (2001) "Metodología, Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación", Colombia.

Arredondo F. (1972) "Estudio de Materiales V-Hormigones.", Madrid.

SIKA Informaciones Técnicas (2014) "Colma Fix 32", pp 2.

SIKA Informaciones Técnicas (2014) "Sikadur 32 Gel", pp 2.

Fernández Paris J. M. (1992) "La pasta hidratada de cemento Portland", España.

## ANÁLISIS DEL ÍNDICE DEL COSTO DE LA CONSTRUCCIÓN EN UNA VIVIENDA TIPO UNIFAMILIAR (AÑO BASE 2013) EN LA CIUDAD DE TARIJA EN LOS AÑOS 2013 – 2014

Colodro Mendivil Ivar Fernando <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Docente Departamento de Hidráulica y Obras Sanitarias - Carrera de Ingeniería Civil – Facultad de Ciencias y Tecnología – UAJMS - Tarija, Bolivia

Correo electrónico: ivar.colodro@gmail.com

### RESUMEN

Uno de los parámetros más sensibles e importantes de la Construcción de Obras Civiles, lo constituye el Costo de la Obra, el cual nos garantiza la calidad, seguridad y funcionalidad de la misma. El costo es un parámetro muy complejo debido a la configuración de su estructura, variación de precios en el mercado, carencia de mano de obra y otros factores de tipo técnico y social/económico/financiero.

De acuerdo a la normativa vigente en nuestro País (Bolivia), no existe una instancia del Estado que regule y controle el costo de una obra, por lo tanto el mismo es determinado a criterio de los profesionales del rubro tomando en cuenta bibliografía existente y/o experiencia de los mismos, esto ocasiona que los mismos presenten variaciones de consideración para una misma obra similar, lo cual da origen a pensar en sobrepuestos y/o precios irracionales y especulativos, por consiguiente se constituye en la fuente de generación de actos de corrupción en las obras civiles. Ante la carencia de una instancia que regule los costos de la construcción, incertidumbre de los mismos y la necesidad de la sociedad de contar con costos referenciales y racionales que precautelen nuestra economía, surge el presente trabajo de investigación como una referencia parte de un problema para las instituciones, empresarios de la construcción y profesionales dedicados al rubro, el mismo que podrá ser completado en los otros rubros de la construcción.

El presente estudio, está limitado para una vivienda Unifamiliar de tipo convencional y de Buena Calidad en la Ciudad de Tarija y considera solamente el análisis de los costos directos, es decir: Materiales, Mano de Obra y Maquinaria y Equipo, asimismo los costos se refieren solamente a la construcción de las vivienda completa incluyendo las instalaciones y no así a otros costos como ser: Costo del terreno, costos indirectos, costos financieros, etc. que deberán ser estudiados de manera particular.

El Indicador utilizado fue el Índice del costo de la construcción I.C.C. que nos permitirá actualizar los costos en base a un modelo de Vivienda Tipo, en nuestro caso se tomó como año Base el 2013 y se determinó el I.C.C. para el año 2014, además nos permite un desglose de este indicador por insumos es decir materiales, mano de obra y maquinaria y equipo y por actividades económicas como ser: Obra gruesa, Obra fina e instalaciones. Por otra parte, se puede identificar los insumos y actividades económicas que más inciden en el costo de la obra.

**Palabra clave:** Índice del Costo de la Construcción I.C.C.

### ABSTRACT

One of the most sensitive and important work in civil construction, is the cost of the construction works, which guarantees quality, safety and functionality of it. The cost is a very complex parameter due to the configuration of their structure, variation of prices in the market, lack of labor and other factors of technical and social/economic/financial.

According to the laws in our country (Bolivia), there is not an instance of the State, which regulate and control the cost of a work, therefore it is determined by the discretion of the professionals on the field, taking into account existing literature or experience of them, this causes them to present variations of consideration for a same similar work, which gives origin to think in price premiums and/or prices irrational and speculative, therefore is in the source of generation of acts of corruption in them works civil. In the absence of a body that regulates the construction costs, uncertainty of the same and the need for society to have referential and rational costs that protect our economy, comes this research work as a reference part of a problem for institutions, entrepreneurs in construction and professionals dedicated to the field, which may be completed in another construction areas.

The present research, is limited to a housing single-family of type conventional and of good quality in the city of Tarija and considers only the analysis of the direct costs, i.e.: materials, labor and machinery and team, also them costs is refer only to the construction of them housing complete including them facilities and not so to others costs as be: Cost of the land, indirect costs, financial costs that must be studied in particular.

The indicator used was the construction cost index (C.C.I.), which will allow us to update the costs based on a model of housing type, in our case took as Base the 2013 year and determined the C.C.I. for 2014, also allows us a breakdown of this indicator, i.e. material inputs, labor and machinery and equipment and by activities such as: Coarse work, fine work and facilities. On the other hand, we can identify inputs and economic activities that most affect the cost of the work.

**Key words:** Construction Cost Index: C.C.I.

## 1.- INTRODUCCIÓN.-

En los últimos años el sector de la construcción en Bolivia ha recobrado una dinámica notable de crecimiento impulsado por el sector público y privado, destacándose un continuo incremento en los precios, debiendo señalar que en Bolivia no se cuenta con un indicador oficial de precios de la construcción, lo cual dificulta el análisis en el sector.

Dentro del rubro de la construcción, el sector de las viviendas es importante para la economía en su conjunto, las viviendas representan el principal activo para la mayoría de las familias, por lo que cambios en su valoración afectarán en su economía y decisiones de gasto. De acuerdo a los permisos de construcción en (m<sup>2</sup>), otorgados por el gobierno municipal de Tarija, se pueden estimar las demandas en los últimos años. Figura 1

**Figura 1.** Área construida (m<sup>2</sup>) en viviendas ciudad de Tarija.



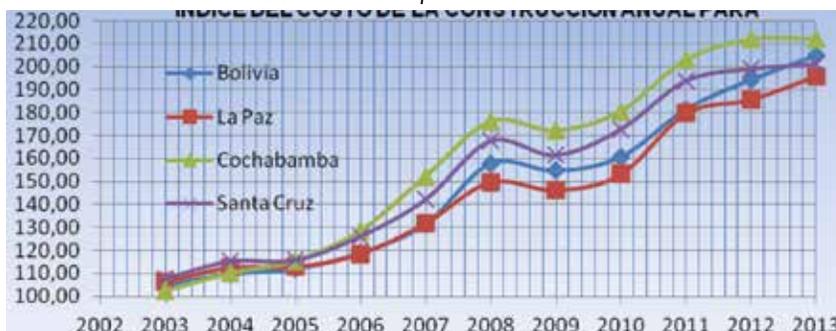
Fuente: Permisos de Construcción, Dirección de Ordenamiento Territorial

La evolución de esta variable es coherente con los principales episodios de boom experimentados en este mercado, donde se destaca el año 2007, los permisos de construcción se incrementaron continuamente guardando correspondencia directa con el comportamiento de los precios. En cuanto al período 2010 - 2012, se observa una cierta estabilidad en el comportamiento de esta variable.

Asimismo, de acuerdo al indicador del I.C.C. (Índice del Costo de la Construcción) para edificios

residenciales urbanos que estima el I.N.E. para el eje central de Bolivia, (La Paz, Cochabamba y Santa Cruz), tomando como año base el 2002 reflejó un comportamiento importante de incremento hasta fines de 2011. Pese a la volatilidad generalizada en el ICC en las regiones, llama la atención las tasas interanuales de crecimiento que en algunos casos, como es en el año 2008, alcanzaron variaciones superiores al 25%. Figura 2.

**Figura 2.** Índice del costo de la construcción anual para:



Fuente: Instituto Nacional de Estadística I.N.E.

En lo que se refiere a la ciudad de Tarija, no existen parámetros que nos permitan analizar los costos de construcción, los mismos que se ajustan a la libre oferta y demanda, sin embargo estos son más elevados que el promedio nacional por costos comparativos más altos en mano de obra y algunos materiales. Este fenómeno tiene su raíz, entre otras, al creciente nivel de ocupación que ha venido teniendo el Estado en los últimos años; de la distorsión del mercado laboral de parte de la Gobernación al sostener iniciativas como el Programa de Empleo Urgente, o la contratación de mano de obra ligada a la construcción para las obras públicas; precios de materiales de construcción elevados (áridos, madera, cemento, hierro, etc.) y de materiales (pisos, sanitarios, cerraduras, grifería, cables, tubos, etc.) importados más altos debido al costo de transporte, etc.

## 2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.-

La evolución del precio de la vivienda en Tarija en los últimos años no sólo representa una de las preocupaciones básicas de los ciudadanos, también es objeto de hipótesis. En los medios de información se ha podido detectar dos grandes corrientes: la primera, que ve un saludable boom, ocasionado por la propia demografía, la activación de la demanda por mayores ingresos y el mejor acceso al crédito junto a un gran momento de la economía local, y, la segunda, apunta como causante del fenómeno principalmente a la especulación motivada por expectativas de revalorización. Una primera impresión es que se habría operado un cambio en la cultura de compras de propiedades en Tarija, que va más allá de la satisfacción de una necesidad (techo), para definitivamente verla como inversión, en la cual las personas adquieren una vivienda para conservarla por un tiempo como activo que se revalorizará rápidamente.

Con los ajustes realizados a los datos del Censo 2012 el departamento de Tarija tendría una

población de 482.196 habitantes. En términos relativos significa un aumento de 23,3%, algo superior al 21,2% nacional en el periodo interesal 2001-2012; asimismo, su participación en el total del país pasó de 4,7% en 2001 a 4,8% en 2012. En ese mismo periodo (11 años), los precios de las viviendas, locales comerciales, lotes y terrenos se habrían casi cuadruplicado en la ciudad de Tarija, dato sumamente alarmante.

Una virtud del censo 2012 – quizá una de las pocas- es que desmitificó la idea acerca de que una masiva y permanente migración interna del resto de los departamentos y provincias hacia la ciudad de Tarija habría provocado un masivo déficit de propiedades y por consiguiente su encarecimiento. Entonces, nos empuja a la pregunta lógica: ¿Qué es lo que impulsa el aumento sostenido y desmedido en los precios correspondido por compras?.

Por supuesto que la necesidad de compra de espacios para las familias es una realidad en Tarija – donde 54.85% de las viviendas particulares son propias, lo que deja un 45.15% de habitantes sin casa propia (datos del censo 2012).

A todo el territorio nacional llegó la fiebre por el ladrillo, aunque con magnitudes y tendencias distintas. Las ciudades del eje central (Santa Cruz, La Paz y Cochabamba) rápidamente cambiaron su fisonomía y crecieron enormemente, sobre todo a lo vertical. La ciudad de Tarija, en cambio, pese a ser la mayor beneficiada por los recursos extraordinarios del gas, no le acompañó en esa proporción la construcción de desarrollos habitacionales, en parte importante, debido al desincentivo de instituciones públicas ligadas a la actividad (registro, control y aprobación), que obstaculizaron inversiones en esa actividad al no estar a la altura del reto (instancias demasiado lentas, burocráticas, opacas o conflictivas).

En cuanto a las casas, si bien en el mercado las

independientes siguen vendiéndose más, las que están en condominios han proliferado bastante. Ambos fenómenos, la creciente preferencia de unidades familiares en condominio y edificios en lugar de las viviendas independientes, refuerzan la tesis que la "Tarija segura", de la que nos jactábamos hace años, se ha acabado y la prioridad de la gente es la seguridad y no, como antes, la cercanía al centro.

En cuanto a la arquitectura, actualmente hay una tendencia muy grande del minimalismo, se presta muy bien en la ciudad, puesto que son construcciones comparativamente más baratas que las tradicionales (casi eliminación de la madera en marcos, puertas y ventanas) y genera ambientes más iluminados; aunque con ciertas dudas sobre cómo reaccionarán estas unidades habitacionales al clima tarijeño, de grandes variaciones de temperatura entre el día y la noche.

### 3.- EL INDICE DE COSTO DE LA CONSTRUCCION (I.C.C.).-

#### 3.1.- Aspectos Básicos del Índice.-

El método utilizado para la elaboración del indicador consiste en la valorización anual de un modelo de vivienda residencial unifamiliar tipo que se considera representativo de un período (año base 2013) y una región determinada (Ciudad de Tarija-Bolivia).

**Tabla 1.** Estructura del Indicador I.C.C.

Nº	ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCION	Índice general	Índice Elemental
1	Insumo de Materiales	Índice General	Materiales - Mano de Obra- Maq. y Equipo
2	Actividad Económica	<b>Obra Gruesa</b> Índice General	Materiales – Mano de Obra – Maq. y Equipo
		<b>Obra Fina</b> Índice General	Materiales – Mano de Obra – Maq. y Equipo
		<b>Instalaciones</b> Índice General	Materiales – Mano de Obra – Maq. y Equipo
		<b>Otras</b> Índice General	Materiales – Mano de Obra – Maq. y Equipo

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.3.- Selección de la Tipología de Vivienda Unifamiliar.-

Se supone que las técnicas utilizadas en la construcción de los modelos responden a características tradicionales, no se consideran sistemas industrializados.

La valorización anual se efectúa para cada elemento componente del costo: bienes, servicios e insumos de mano de obra. La agregación de dichos elementos, ponderados por su importancia relativa en el año base, permite arribar a resultados agrupados por insumos (materiales, mano de obra y maquinaria y equipo) y, de la misma manera, a partir de los insumos obtener el índice a nivel general.

En los cálculos del costo no se incluyen el valor de compra del terreno, los derechos de construcción, los honorarios profesionales, los gastos de administración y los gastos financieros.

El índice que se presenta no puede ser ligado a los valores de mercado de las viviendas los cuales están determinados por la oferta y demanda y serían registrados por un índice de precios inmobiliarios.

#### 3.2.- Estructura del Indicador.-

El Índice del Costo de la Construcción ha sido estructurado de dos formas que responden a distintos intereses analíticos; no obstante de ambos resulta el mismo valor para determinar el Índice General Tabla 1.

El modelo de Tipología de la Vivienda Unifamiliar para la Ciudad de Tarija, corresponde a un modelo determinado, tomando como año base el 2013.

**Tabla 2.** Características técnicas vivienda unifamiliar tipo - ciudad de Tarija

Tipo de Edificio	Tipo de Vivienda	Número de Plantas	Área Construida (m <sup>2</sup> )
<b>Residencial</b>	Unifamiliar	Planta Baja y Alta	252.41

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.- Cálculo de las Ponderaciones.-

La valorización a precios del año base de las cantidades estimadas para cada elemento en la región, permitió arribar al total del costo del proyecto.

Las **ponderaciones de los elementos** que integran cada ítem están dadas por la proporción del costo de cada elemento en el total del costo del ítem. Del mismo modo, las ponderaciones de los rubros dentro de cada modelo están dadas por la proporción del costo de cada rubro en el total del costo del modelo.

### 3.5.-Selección y Especificación de los Insumos.-

#### 3.5.1.- Materiales de Construcción.-

A partir del análisis de los requerimientos de insumos se realizó una primera especificación de los materiales a utilizar en cada una de las obras. Posteriormente, se valorizaron los materiales y se determinó su participación porcentual por ítem y en el total de la obra.

Los materiales se seleccionaron por la importancia de su incidencia en el costo total de la obra, manteniéndose una cobertura mínima del 90% dentro de cada rubro de obra. La selección se realizó para el modelo, y luego se consolidó el listado definitivo de los materiales con las especificaciones más detalladas.

La elaboración de estas especificaciones detalladas se efectuó consultando bibliografía técnica, información de las empresas fabricantes y también se requirió el asesoramiento de los propios informantes, con el objeto de obtener una descripción que permitiera captar precios puros.

El peso de los materiales no seleccionados se asignó a materiales elaborados con la misma materia prima y que cumplen con la misma función. Cuando no fue posible la asignación de esta manera, se distribuyó proporcionalmente entre los demás materiales de cada ítem.

El precio de los materiales, serán puestos en obra con certificación de calidad y con la respectiva nota fiscal, considerando que en nuestro medio algunos materiales no son puestos en obra, se deberá proceder a realizar el ajuste correspondiente (Costo de transporte + Carguío + descarguío).

### 3.5.2.- Mano de Obra.-

La actividad de la construcción presenta varios tipos de organización empresarial, las más comunes en nuestro medio son dos: a). Las Obras ejecutadas con instituciones públicas y b). Obras del sector privado.

Las primeras son ejecutadas por empresas constructoras legalmente establecidas en el País bajo las normativas del Sistema Nacional de Contratación de Bienes y Servicios (SICOES), en tanto que en las segundas frecuentemente son ejecutadas de manera directa por contratistas de obra y supervisadas por profesionales especializados (Ingenieros y/o Arquitectos).

En ambos casos la modalidad de ejecución de la obra se realiza por mano de Obra vendida (cotización de mano de obra por actividades), para las diferentes actividades económicas y/o rubros (Albañilería, Plomería, Electricidad, Pintor, Carpintero, Metalúrgico, etc.). En ciertos casos donde las actividades son difíciles de cuantificar o su magnitud es mínima se cotiza por jornal.

La mano de obra en la construcción está valorizada, en función al grado de conocimiento en el rubro a desempeñar en mano de obra calificada y no calificada de la siguiente manera:

**Mano de Obra Especializada:** Carpintero Metálico - Carpintero de madera - Plomero - Electricista

**Mano de Obra Calificada:** Albañil – Pintor – Ayudante

**Mano de Obra no Calificada:** Peón

### 3.6.- Relevamiento de Precios.-

#### 3.6.1.- Selección de Informantes.-

La selección de los informantes que brindan los precios de los elementos que componen el índice se realizó teniendo en cuenta la modalidad con que se opera en el sector de la construcción.

Así, los precios de los materiales se solicitan a distribuidores y proveedores, legalmente establecidos en la ciudad de Tarija. La selección de los mismos se realizó de manera directa, en función a los materiales que se dispone. Para tal efecto se elaboró una base de datos de centros comerciales de materiales de construcción en la Ciudad de Tarija.

En cuanto al costo de la mano de obra, los informantes son los contratistas que ejecutan las

obras en coordinación con los propietarios y/o empresas constructoras.

En el caso de los contratistas, al no contarse con un registro, los informantes se seleccionaron con la información suministrada por empresas contratistas y/o propietarios que ejecutan las obras de manera directa. Para tal efecto se elaboró una base de datos de Empresas Constructoras que se dedican a la construcción de Edificios y/o Viviendas en la Ciudad de Tarija en función de los datos proporcionados por la Cámara de la Construcción filial Tarija.

### 3.6.2.- Características del Relevamiento.-

El relevamiento de la información se deberá realizara con una periodicidad anual, con un mínimo de 3 cotizaciones por elemento, de acuerdo a los siguientes cuestionarios:

Formulario N° 1	Cotización de Materiales de Construcción
Formulario N° 2	Cotización de Mano de Obra – Jornal/Salario Mensual
Formulario N° 3	Cotización Mano de Obra por actividades

### 3.6.3.- Controles de Calidad.-

La precisión de un indicador es función directa de la calidad de los datos con los cuales se estima. Por tal razón se realizan distintos controles a través de todo el proceso de elaboración.

En la etapa de relevamiento se verifico que los cuestionarios contengan toda la información solicitada y que no presenten incoherencias.

En la etapa de análisis se realizan otros tipos de controles según el elemento de que se trate:

a) Materiales, equipos, servicios y subcontratos

1. En primer lugar cada precio se compara con el correspondiente del año anterior y se revisan aquellos que superan un nivel de variación que se establece de acuerdo a la coyuntura económica; de ser necesario se consulta al informante.
2. En un segundo paso, se estudia para cada elemento la distribución de las variaciones de precios informados. Se establece un intervalo en función de estas variaciones y se revisan aquellas que superan los límites del mismo; de ser necesario se consulta al informante.
3. Se realizan los ajustes necesarios a los precios, como ser transporte, carguío, des carguío.

b) Categorías comprendidas en la mano de obra directa.

1. Se verifica que el contratista ha construido edificios en la Ciudad de Tarija en los dos últimos años o está construyendo.
2. Variaciones porcentuales. Se compara la información de cada contratista con la Correspondiente del año anterior, se observan las variaciones y si de este análisis surgen dudas se consulta a la empresa y/o propietario donde trabaja.
3. Análisis de consistencia, se realiza mediante boletines del estado y revistas técnicas actualizadas.

### 3.7.- Cálculo del Índice.-

Para el cálculo de este indicador se utiliza la fórmula del "Índice de Precios de LASPEYRES" que pondera los precios de los insumos, etapas de construcción y proyectos con las cantidades del año base.

- a) Índice del costo de la construcción General
- b) Índice de la construcción por insumos (Materiales, Mano de Obra y Maquinaria y Equipo)
- c) Índice de la construcción por insumos según las actividades económicas (Obra gruesa, Obra Fina, Instalaciones y Otros)
- d) Variación porcentual del índice de la construcción según insumos y la actividad económica.

Media de las Razones de Precios.- Se debe obtener en primera instancia los relativos de precios de cada uno de los establecimientos informantes "j" que proporcionan los precios de los insumos referidos "i"

$$R_{ijt} = \frac{P_{ijt}}{P_{ij(t-1)}}$$

$R_{ijt}$ : Relativo de precios del insumo "i", proporcionado por el establecimiento informante "j" en el periodo de observación "t"

$P_{ij(t-1)}$ : Precio del insumo "i" cotizado en el establecimiento informante "j", correspondiente al periodo de observación anterior "t-1"

$P_{ijt}$ : Precio del insumo "i" cotizado en el establecimiento "j", correspondiente al periodo de observación "t"

j: j-ésimo establecimiento informante donde se cotiza el insumo "i".

m: Número total de informantes que

proporcionan el precio del insumo.  
 t: Período de observación ( t = 1, 2, 3, ...δ ).

i (insumo) = Materiales, Mano de Obra y Herramientas y Equipo

### Determinación del Precio promedio para el insumo "Remuneración"

Para el insumo Remuneración de la Mano de Obra por categoría de empleo, se determinará el precio promedio de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$RP_{it} = \frac{\sum_{j=1}^n P_{ijt}}{n}$$

- $RP_{it}$ : Remuneración Promedio de la de la i-ésima categoría de empleo en el período de observación "t"
- $P_{ijt}$ : Precio (Total Ganado) de la i-ésima categoría de empleo proporcionado por la j-ésima empresa informante en el periodo de observación "t"
- n: Número total de empresas informantes que proporcionan información en el periodo de observación.

### Ponderadores.-

Corresponden a la importancia del presupuesto de cada ítem, sub-rubro y rubro en el total del presupuesto de las obras elegidas en el período base de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$w_i^0 = \frac{P_i^0 \times Q_i^0}{\sum_{i=1}^{i=mn} P_i^0 \times Q_i^0}$$

- $w_i^0$  = Ponderación del ítem i, es el porcentaje del presupuesto del mismo con relación al presupuesto total en el año base
- $P_i^0$  = Precio promedio del ítem i en el año base
- $Q_i^0$  = Cantidades físicas del ítem i, las que resultaron del cómputo métrico
- $P_i^0 \times Q_i^0$  = Costo del ítem i en el año base
- $\sum_{i=1}^{i=mn} P_i^0 \times Q_i^0$  = Costo total en el año base

Las fórmulas utilizadas, para calcular el Índice del costo de la construcción (I.C.C.) fueron:

### Por Insumo (Materiales, Mano de Obra, Herramientas y Equipo)

$$IGP_{kt} = \sum_{i=1}^3 w_{oik} * IP_{tik} * 100$$

$IGP_{kt}$  = Índice General de Precios para el Proyecto, Grupo, Agrupación o Ciudad "k" en el período "t".

$$w_{oik} = \frac{\sum_{j=1}^4 V_{oijk}}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^4 V_{oijk}}$$

$w_{oik}$  = Ponderación en el año base del costo del insumo "i", respecto al total del costo del Proyecto, Grupo, Agrupación o Ciudad "k"

### 4.- PRESUPUESTO VIVIENDA UNIFAMILIAR TIPO (AÑO BASE 2013).-

Para el cálculo del presupuesto de obra se utilizó el método analítico de precios unitarios, y como instrumento de apoyo el paquete computarizado PRESCOM 2012.

De acuerdo a los planos arquitectónicos, Ingeniería y de instalaciones se determinaron los cómputos métricos para 9 módulos y 65 actividades.

Para tal efecto, se tomaron en cuenta los métodos constructivos del medio, la experiencia en la construcción de edificios, la calidad y disponibilidad de los materiales, etc. La cotización de materiales está en función de la calidad de los materiales a utilizar, marca y otros factores, considerando que la calidad de la construcción este catalogada como "Buena" y que deberán ser puestos en la obra, el costo de la mano de obra de la construcción fue determinada en base a cotizaciones de contratistas de Obra y Empresas contratistas de manera directa y seleccionada.

**Tabla 3.** Presupuesto general y por actividades - Vivienda unifamiliar tipo - ciudad de Tarija

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial	Ponderación
>	<b>M01 - TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>8.037,43</b>	<b>1,65</b>
1	Limpieza y Desbroce	m <sup>2</sup>	300,00	5,25	1.575,00	0,32
2	Instalación de Faenas	m <sup>2</sup>	32,00	142,95	4.574,40	0,94
3	Trazado y Replanteo	m <sup>2</sup>	252,41	7,48	1.888,03	0,39
>	<b>M02 - OBRA GRUESA</b>				<b>229.161,47</b>	<b>47,07</b>
4	Excavación Común Terreno Semi duro	m <sup>3</sup>	76,15	47,25	3.598,09	0,74
5	Zapatas de Hº Aº Dosif: 1:2:3 Fy= 50 Kg/m3	m <sup>3</sup>	6,60	2.026,85	13.377,21	2,75
6	Columnas de Hº Aº Dosif: 1:2:3 Fy= 90 Kg/m3	m <sup>3</sup>	6,27	2.748,70	17.234,35	3,54
7	Relleno y Compactado sin prov. material	m <sup>3</sup>	53,76	41,25	2.217,60	0,46
8	Viga de Fundación Hº Aº Dosif: 1:2:3 Fy= 80 Kg/m3	m <sup>3</sup>	5,42	2.636,15	14.287,93	2,93
9	Impermeabilización Sobrecimientos	m <sup>2</sup>	13,54	37,66	509,92	0,10
10	Muro de Ladrillo 6H e=18 cm. Dosif:1:3, junta 1 cm	m <sup>2</sup>	215,28	103,99	22.386,97	4,60
11	Muro de Ladrillo 6H e=12 cm. Dosif:1:3, junta 1 cm	m <sup>2</sup>	165,98	73,70	12.232,73	2,51
12	Dintel de Ladrillo 6H c/Hierro+Hormigon	m	47,30	63,95	3.024,84	0,62
13	Viga de Hº Aº Dosif: 1:2:3 Fy= 90 Kg/m3	m <sup>3</sup>	10,04	2.788,70	27.998,55	5,75
14	Losa Aliviada e=15 cm.Dosif: 1:2:3 c/Cerámico	m <sup>2</sup>	113,92	226,52	25.805,16	5,30
15	Escalera de Hº Aº Dosif: 1:2:3 Fy= 100 Kg/m3	m <sup>3</sup>	1,39	3.000,25	4.170,35	0,86
16	Cubierta de Teja Colonial con Estructura Metálica	m <sup>2</sup>	171,93	398,27	68.474,56	14,06
17	Cumbrera de Teja Colonial	m	15,20	24,66	374,83	0,08
18	Contrapiso de Hº + Empedrado	m <sup>2</sup>	135,37	88,06	11.920,68	2,45
19	Mesón de Hº Aº Dosif. 1:2:3 b= 0.60 m. e= 8 cm.	m	5,10	303,47	1.547,70	0,32
>	<b>M03 - OBRA FINA</b>				<b>203.700,81</b>	<b>41,84</b>
20	Piso de Cerámica sobre Contrapiso	m <sup>2</sup>	106,61	129,88	13.846,51	2,84
21	Piso de Cerámica sobre Losa	m <sup>2</sup>	126,23	129,88	16.394,75	3,37
22	Enlucido Piso de Cemento sobre Contrapiso	m <sup>2</sup>	22,60	39,96	903,10	0,19
23	Zócalo de Cerámica h= 10 cm.	m	191,01	24,99	4.773,34	0,98
24	Revoque Interior con Yeso	m <sup>2</sup>	472,38	61,62	29.108,06	5,98
25	Revoque Exterior con Mortero	m <sup>2</sup>	172,43	75,80	13.070,19	2,68
26	Cielo Raso con Yeso sobre losa	m <sup>2</sup>	99,82	49,26	4.917,13	1,01
27	Cielo Falso con Yeso sobre estructura metálica	m <sup>2</sup>	125,59	115,33	14.484,29	2,98
28	Botaguas de Ladrillo de 21 H	m	23,54	76,21	1.793,98	0,37
29	Revestimiento con Cerámica	m <sup>2</sup>	28,20	114,98	3.242,44	0,67
30	Puertas de Madera + Quincallería/Barnizado	m <sup>2</sup>	37,17	1.109,70	41.247,55	8,47
31	Ventanas de Madera + Quincallería/Barnizado	m <sup>2</sup>	32,57	715,05	23.289,18	4,78
32	Provisión y Colocación Vidrio Doble	m <sup>2</sup>	47,34	92,93	4.399,31	0,90
33	Pintura Interior Látex	m <sup>2</sup>	697,79	17,76	12.392,75	2,55
34	Pintura Exterior Látex	m <sup>2</sup>	172,43	17,05	2.939,93	0,60
35	Pasamanos de Madera Barnizado	m	5,70	863,00	4.919,10	1,01
36	Muebles de Cocina/de Madera Barnizado	m	5,00	1.299,75	6.498,75	1,33
37	Zócalo de Cemento exterior h= 15 cm.	m	23,97	40,58	972,70	0,20
38	Retiro de Escombros	m <sup>3</sup>	52,00	66,00	3.432,00	0,70
39	Limpieza General	m <sup>2</sup>	256,13	4,20	1.075,75	0,22

>	<b>M04 - INSTALACION DE AGUA POTABLE FRIA</b>				<b>5.288,06</b>	<b>1,09</b>
40	Prov. Colocación Medidor de Agua	Pza.	1,00	807,75	807,75	0,17
41	Prov. Coloc. Tubería PVC 1/2" E-40 + Accesorios	m	26,00	31,96	830,96	0,17
42	Prov. Coloca. Tanque Plástico de Agua Cap. 600 Lts	Pza.	1,00	1.158,25	1.158,25	0,24
43	Instalación de agua potable fría	pto	10,00	249,11	2.491,10	0,51
>	<b>M05 - INSTALACION DE AGUA POTABLE CALIENTE</b>				<b>4.099,61</b>	<b>0,84</b>
44	Prov. Coloca. Termo tanque Cap. 120 Lts	Pza.	1,00	2.493,88	2.493,88	0,51
45	Instalación de agua potable Caliente	pto	7,00	229,39	1.605,73	0,33
>	<b>M06 - INSTALACION SANITARIA</b>				<b>12.833,00</b>	<b>2,64</b>
46	Tubería PVC Desagüe 2" + Accesorios	m	19,00	23,57	447,83	0,09
47	Tubería PVC Desagüe 4" + Accesorios	m	32,05	35,54	1.139,06	0,23
48	Cámara de Inspección 60x60 H° C° c/Tapa H° A°	Pza.	2,00	659,78	1.319,56	0,27
49	Prov. Coloc. Inodoro Tanque Bajo + Accesorios	Pza.	2,00	1.074,13	2.148,26	0,44
50	Prov. Coloc. Lavamanos c/pedestal + Accesorios	Pza.	2,00	1.234,13	2.468,26	0,51
51	Prov. Coloc. Bidet + Accesorios	Pza.	1,00	1.126,63	1.126,63	0,23
52	Prov. Coloc. Ducha+Base de Fibra de Vidrio+ Acces.	Pza.	2,00	961,37	1.922,74	0,39
53	Prov. Coloc. Lavaplatos+ Accesorios	Pza.	1,00	1.286,25	1.286,25	0,26
54	Prov. Coloc. Lavandería H° A° + Accesorios	Pza.	1,00	601,72	601,72	0,12
55	Prov. Coloc. Rejilla de Piso	Pza.	3,00	124,23	372,69	0,08
>	<b>M07 - INSTALACION ELECTRICA</b>				<b>10.454,45</b>	<b>2,15</b>
56	Prov. Coloc. Medidor de Energía Eléctrica	Pza.	1,00	998,13	998,13	0,21
57	Instalación Eléctrica Luminarias	pto	25,00	104,28	2.607,00	0,54
58	Instalación Eléctrica Tomacorriente	pto	23,00	114,48	2.633,04	0,54
59	Prov. y Coloc. Tableros Secundarios	Pza.	1,00	299,56	299,56	0,06
60	Prov. y Colocación Plafoneras	Pza.	17,00	94,89	1.613,13	0,33
61	Prov. y Coloc. Iluminación Fluorescente 2x40 W.	pza	8,00	181,89	1.455,12	0,30
62	Prov. y Coloc. Tomacorriente	Pza.	23,00	36,89	848,47	0,17
>	<b>M08 - INSTALACION DE GAS</b>				<b>5.630,39</b>	<b>1,16</b>
63	Prov. Coloc. Medidor de Gas	Pza.	1,00	1.036,25	1.036,25	0,21
64	Prov. Coloc. Tubería F.G. 1" para Gas	m	19,90	97,61	1.942,44	0,40
65	Instalación Domiciliaria de Gas	pto	3,00	883,90	2.651,70	0,54
>	<b>M09 - INSTALACION DESAGUE PLUVIAL</b>				<b>7.646,42</b>	<b>1,57</b>
66	Canaletas de Calamina Galvanizada N° 28	m	25,22	126,90	3.200,42	0,66
67	Bajante de Calamina Galvanizada N° 28	m	40,00	111,15	4.446,00	0,91
	<b>Total presupuesto:</b>				<b>486.851,64</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Del cuadro anterior se deduce que el costo directo del modelo de vivienda tipo unifamiliar en la ciudad de Tarija, en el año 2013 alcanza a **Bs. 486.851,64**, el cual representa el costo de **276.73 \$us/m<sup>2</sup>**

Con la finalidad de determinar la incidencia de ponderación de los diferentes componentes de la obra como ser: Módulos, Insumos y Actividad económica respecto al costo total, se determinaron estos parámetros.

## 5.- PONDERACIÓN Y DESGLOSE DEL COSTO DIRECTO (AÑO BASE 2013).-

**Tabla 4.** Costo general y porcentual por módulos

Código	Descripción	Parcial	Ponderación
<b>MO1</b>	TRABAJOS PRELIMINARES	8.037,43	1,65
<b>MO2</b>	OBRA GRUESA	229.161,47	<b>47,07</b>
<b>MO3</b>	OBRA FINA	203.700,81	<b>41,84</b>
<b>MO4</b>	INSTALACION DE AGUA POTABLE FRIA	5.288,06	1,09
<b>MO5</b>	INSTALACION DE AGUA POTABLE CALIENTE	4.099,61	0,84
<b>MO6</b>	INSTALACION SANITARIA	12.833,00	2,64
<b>MO7</b>	INSTALACION ELECTRICA	10.454,45	2,15
<b>MO8</b>	INSTALACION DE GAS	5.630,39	1,16
<b>MO9</b>	INSTALACION DESAGUE PLUVIAL	7.646,42	1,57
<b>COSTO TOTAL Bs-</b>		<b>486.851,64</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 5.** Presupuesto general por insumos

Código	Descripción	Parcial	Ponderación
<b>1</b>	Materiales	311.380,17	63,96
<b>2</b>	Mano de Obra	162.315,56	33,34
<b>3</b>	Maquinaria y Equipo	13.155,91	2,70
<b>COSTO TOTAL Bs-</b>		<b>486.851,64</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 6.** Presupuesto general por actividad económica

Código	Descripción	Parcial	Ponderación
<b>1</b>	Obra Gruesa	229.161,47	47,07
<b>2</b>	Obra Fina	199.193,06	40,91
<b>3</b>	Instalaciones	45.951,93	9,44
<b>4</b>	Otros*	12.545,18	2,58
<b>COSTO TOTAL Bs.</b>		<b>486.851,64</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia

## 6.- IDENTIFICACIÓN DE INSUMOS Y ACTIVIDADES DE MAYOR INCIDENCIA EN EL COSTO DIRECTO.-

Considerando el costo total directo por actividades, se pudieron identificar las actividades de mayor incidencia en el costo total de la Obra, ver Tabla 7

**Tabla 7.** Actividades principales del proyecto

Nº	RUBRO	COMPONENTES	INCIDENCIA %
1	HORMIGON	Zapatas – Columnas – Vigas – Escalera – Contrapiso.	22,72
2	CARPINTERIA DE MADERA	Puertas – Ventanas – Muebles de Cocina - Pasamanos	15,60
3	TECHO	Carpintería Metálica – Techo Teja Colonial	14,06
		Techo de Teja Colonial	
4	REVOQUES	Revoque Interior con Yeso	12,65
		Revoque Cielo Falso	
		Revoque Exterior con Mortero	
5	PAREDES	Muro de Ladrillo 6 H	7,11
6	PISOS	Piso de Cerámica	6,21
7	PINTURAS	Pintado Interior/Exterior	3,15
INCIDENCIA AL COSTO TOTAL DEL PROYECTO			<b>81,51</b>

Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera, los insumos de materiales que tienen mayor incidencia en el costo total de los materiales en el proyecto son los siguientes: Tabla 8

**Tabla 8.** Incidencia de insumos de materiales mas importantes

Nº	MATERIAL	INCIDENCIA	
		PARCIAL	TOTAL
1	Madera	25,26	25,26
2	Cemento	10,22	35,47
3	Perfil C 40x80	7,95	43,42
4	Fierro Corrugado	7,78	51,20
5	Ladrillo de 6 Huecos	5,10	56,30
6	Arena	4,33	60,63
7	Piso Cerámico 34x34 EXTRA	3,43	64,06
8	Tubo Rectangular 20x40	3,31	67,37
9	Teja Colonial	2,07	69,44
10	Viguetas Losa Alivianada H = 10 cm	2,00	71,44
11	Pintura Látex	1,72	76,21
12	Grava	1,56	73,00
13	Yeso	1,50	74,49
14	Pintura Anticorrosiva	1,13	77,34
15	Electrodos de 2.5 mm.	1,13	78,48
16	Vidrio Plano Incoloro 3 mm	1,09	79,56
17	Cerámico Losa Alivianada h =10 cm.	1,09	<b>80,65</b>

Fuente: Elaboración Propia

La ponderación de la mano de obra se indica en el siguiente Tabla 9

**Tabla 9.** Ponderación mano de obra

Nº	Descripción	Parcial (Bs)	Ponderación
1	Albañil	67.496,10	41,58
2	Ayudante	53.868,94	33,19
3	Carpintero	4.018,88	2,48
4	Carpintero Metálico	10.872,94	6,70
5	Electricista	1.837,50	1,13
6	Peón	16.704,50	10,29
7	Pintor	3.982,30	2,45
8	Plomero	3.534,40	2,18
<b>COSTO TOTAL Bs.</b>		<b>162.315,56</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia

Dada la pequeña magnitud que representa el costo de Maquinaria y Equipo en el orden del 2.70% del costo total directo, el mismo no fue considerado en el análisis.

## 7.- DETERMINACIÓN DEL INDICE COSTO DE LA CONSTRUCCIÓN (I.C.C.).-

### 7.1.- Costo de la Vivienda Unifamiliar Tipo año 2014.-

En base al modelo de la vivienda Tipo (año base 2013) e insumos identificados como los más preponderantes en la determinación del costo directo, se procedió a actualizar los costos para el año 2014 a nivel de actividades de Obra, insumos y actividades económicas, alcanzando un costo total de Bs. 525.532,37, es decir 298.72 \$us/m<sup>2</sup>, lo cual significa un incremento respecto el año 2013 en el orden del 7.96%.

**Tabla 10.** Presupuesto general por módulos

Código	Descripción	Parcial	Ponderación
MO1	TRABAJOS PRELIMINARES	8.435,14	1,61
MO2	OBRA GRUESA	239.919,69	45,65
MO3	OBRA FINA	229.960,88	43,76
MO4	INSTALACION DE AGUA POTABLE FRIA	5.498,86	1,05
MO5	INSTALACION DE AGUA POTABLE CALIENTE	4.215,48	0,80
MO6	INSTALACION SANITARIA	13.056,39	2,48
MO7	INSTALACION ELECTRICA	10.467,33	1,99
MO8	INSTALACION DE GAS	5.711,08	1,09
MO9	INSTALACION DESAGUE PLUVIAL	8.267,52	1,57
<b>COSTO TOTAL Bs-</b>		<b>525.532,37</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 11.** Presupuesto general por insumos

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Parcial</b>	<b>Ponderación</b>
<b>1</b>	Materiales	326.729,57	62,17
<b>2</b>	Mano de Obra	184.282,54	35,07
<b>3</b>	Maquinaria y Equipo	14.520,26	2,76
<b>COSTO TOTAL Bs-</b>		<b>525.532,37</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 12.** Presupuesto general por actividad económica

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Parcial</b>	<b>Ponderación</b>
<b>1</b>	Obra Gruesa	239.919,69	45,65
<b>2</b>	Obra Fina	224.920,63	42,80
<b>3</b>	Instalaciones	47.242,86	8,99
<b>4</b>	Otros*	13.449,19	2,56
<b>COSTO TOTAL Bs-</b>		<b>525.532,37</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 7.2.- Índice del Costo de la Construcción 2013 – 2014.-

En base a los parámetros anteriormente enunciados y tomando como año base el 2013, se

procedió a determinar el I.C.C. para el año 2014 de la vivienda unifamiliar Tipo en la ciudad de Tarija (Tabla 13)

**Tabla 13.** I.C.C. Por insumo y actividad de la construcción

<b>ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCION</b>	<b>Año Base 2013</b>	<b>Año 2014</b>	<b>Variación Porcentual Anual</b>
<b>GENERAL</b>			
<u>Índice General</u>	100	<b>107,94</b>	7,94
<b>Materiales</b>	100	104,93	4,93
<b>Mano de Obra</b>	100	113,53	13,53
<b>Herramientas y Equipo</b>	100	110,37	10,37
<b>ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA</b>			
<b>Obra Gruesa</b>			
<u>Índice General</u>	100	<b>104,68</b>	4,68
<b>Materiales</b>	100	100,38	0,38
<b>Mano de Obra</b>	100	113,50	13,50
<b>Maquinaria y Equipo</b>	100	107,68	7,68
<b>Obra Fina</b>			
<u>Índice General</u>	100	<b>112,92</b>	12,92
<b>Materiales</b>	100	112,47	12,47
<b>Mano de Obra</b>	100	113,63	13,63
<b>Maquinaria y Equipo</b>	100	113,71	13,71
<b>Instalaciones</b>			
<u>Índice General</u>	100	<b>102,81</b>	2,81
<b>Materiales</b>	100	98,65	-1,35
<b>Mano de Obra</b>	100	113,56	13,56
<b>Maquinaria y Equipo</b>	100	113,37	13,37
<b>Otros*</b>			
<u>Índice General</u>	100	<b>107,20</b>	7,20
<b>Materiales</b>	100	98,45	-1,55
<b>Mano de Obra</b>	100	112,66	12,66
<b>Maquinaria y Equipo</b>	100	110,35	10,35

Fuente: Elaboración Propia

**8.- VARIACIÓN DEL COSTO EN LOS INSUMOS (2013-2014).-****8.1.- Variación de los Materiales.-**

En los últimos años, el costo de los materiales de construcción ha variado constantemente de

período en período, siendo el insumo de mayor incidencia la madera y los agregados (arena y grava), a continuación se muestra en el Tabla 14 la variación de los insumos más preponderantes en la construcción de la vivienda unifamiliar tipo entre los años 2013-2014

**Tabla 14.** Variación costo materiales de construcción representativos 2013-2014

Nº	DESCRIPCION INSUMOS	UNIDAD	PRECIO	PRECIO	VARIACION
			UNITARIO	UNITARIO	
			Bs.	Bs.	%
			2013	2014	1 Año
1	Arena	m <sup>3</sup>	150,00	170,00	13,33%
2	Fierro Corrugado	kg	8,43	8,24	-2,25%
3	Grava	m <sup>3</sup>	140,00	143,75	2,68%
4	Ladrillo de 6 Huecos	Pza.	1,32	1,37	3,79%
5	Madera de Construcción	pie <sup>2</sup>	8,00	7,50	-6,25%
6	Muebles de Cocina	m <sup>2</sup>	1200,00	1400,00	16,67%
7	Pasamanos de Madera Tallada	M	800,00	1000,00	25,00%
8	Perfil C 40x80	M	36,00	32,00	-11,11%
9	Pintura Látex 2000	L	16,00	17,22	7,62%
10	Pintura Látex Tradicional	L	21,00	22,11	5,29%
11	Piso Cerámico 34x34 EXTRA	m <sup>2</sup>	38,00	39,02	2,68%
12	Puerta de Madera + Marco	m <sup>2</sup>	850,00	986,00	16,00%
13	Teja Colonial	Pza.	2,30	2,32	0,87%
14	Tubo Cuadrado de 20x20	M	5,00	5,83	16,60%
15	Tubo Rectangular 20x40	M	10,00	12,50	25,00%
16	Ventana de Madera+Marco	m <sup>2</sup>	550,00	696,00	26,55%
17	Viguetas Losa Alivianada H = 10 cm	M	26,00	26,40	1,54%
18	Yeso	kg	0,45	0,50	11,11%

Fuente: Elaboración Propia

## 8.2.- Variación de la Mano de Obra.-

La mano de Obra en el sector de la Construcción en la Ciudad de Tarija, es considerada como la más cara de Bolivia, En el Tabla 18 se observa que entre el año 2013-2014 la mano de obra en la construcción se ha incrementado en promedio en el orden del 15.24%

**Tabla 15.** Variación de la mano de obra en la construcción 2013-2014

Nº	Descripción	Año 2013		Año 2014		Variación %	Salario*
		Jornal	Horario	Jornal	Horario		Mensual Bs.
1	Albañil	140	17.50	160	20.00	16.67	4.000
2	Ayudante	90	11.25	100	12.50	12.50	2.500
3	Carpintero de Madera	150	18.75	180	22.50	21.43	4.500
4	Electricista	140	17.50	160	20.00	15.38	4.000
5	Peón	80	10.00	90	11.25	14.29	2.250
6	Pintor	140	17.50	160	20.00	16.67	4.000
7	Plomero	160	20.00	180	22.50	13.33	4.500
8	Carpintero Metálico	150	18.75	180	22.50	21.43	4.500

Fuente: Encuesta a Contratistas y Empresas Constructoras

## 9.- CONCLUSIONES.-

Las conclusiones del presente trabajo de investigación son:

1. Se considera como año Base el 2013, deduciéndose que el costo directo de la construcción para la vivienda Unifamiliar Tipo alcanza a Bs. 486.851,64. que equivale a 276.73 \$us/m<sup>2</sup>
2. El costo de los insumos de mayor incidencia corresponden a: Madera 25.26%, Perfiles Metálicos 11.26 %, Cemento 10.22% Fierro Corrugado 7.78%, Ladrillo de 6 Huecos 5.10%, Arena 4.33%, Piso Cerámico 3.43%, Teja Colonial 2.07%, Viguetas 2.00%, Pintura 1.72%, Grava 1.56%, Yeso 1.50%, etc.
3. Las Actividades que más inciden en el Costo de la Construcción son: Hormigón 22.72%, Carpintería de madera 15.60%, Techo 14.06%, Revoques 12.65%, Paredes 7.11%, Pisos 6.21%, Pinturas 3.15%, etc.
4. El Costo Directo de la construcción de una Vivienda Unifamiliar (Modelo) en el año 2013 alcanzaba a 276.73 \$us/m<sup>2</sup> y en el año 2014 alcanza a 298.72 \$us/m<sup>2</sup> (sin considerar costo del terreno y costos Indirectos), lo cual representa un incremento de 7.96%.
5. Asimismo, los materiales de mayor variación inflacionaria de precio entre el 2013-2014 son: La Madera, los agregados (Arena, Grava y Piedra) y los perfiles de acero.
6. El Costo de la Mano de Obra en la Construcción es el insumo de mayor inflación en los últimos tiempos, siendo así que en el periodo 2013-2014 la variación promedio alcanzo el orden del 15.24%
7. Por lo tanto, se puede deducir que la inflación en general durante el periodo 2013-2014 alcanzo el 7.94%, siendo el insumo de mayor inflación la mano de Obra. Asimismo los valores negativos de variación significan que los costos se redujeron.

## 10.- RECOMENDACIONES.-

Las recomendaciones del presente trabajo de investigación son:

1. Recomendar la continuidad del presente trabajo de investigación, mediante instituciones académicas que generen indicadores técnicos y económicos en beneficio de la Sociedad
2. Se deberán analizar modelos tipos de viviendas actualizadas, lo cual nos permitirá darle mayor precisión y representatividad al indicador del I.C.C.
3. Este indicador, deberá ser calculado para todos los rubros de la construcción es decir: Edificios, Caminos, Sistemas de Saneamiento, Puentes, Sistemas de Riego, etc.
4. Podrá servir para dar las pautas en el ajuste de los presupuestos de Obra.
5. Se deberá concientizar a las empresas constructoras y/o constructores, que la información que se proporciona tiene un valor fundamental en la estimación de los indicadores.
6. Coordinar con las instituciones públicas y privadas, para obtener información coherente, más confiable y de fácil acceso.
7. Contar con personal capacitado y especializado, principalmente para realizar la cotización de los insumos para la construcción de obras civiles.
8. Continuar con el análisis de los costos indirectos de la construcción como ser: Gastos generales, Utilidades e Impuestos.
9. Los indicadores generados en el presente estudio, se refieren solamente a la construcción y no son comparables con valores inmobiliarios, los mismos que obedecen a otros factores.
10. Actualizar el modelo cada 5 – 10 años, debido a los cambios tecnológicos y nuevos procesos constructivos que se implementan (nuevos materiales, nueva tecnología, etc.)
11. Se deberá tomar en cuenta la sensibilidad en

la variación de la cotización de insumos, el cual dependerá de varios factores como ser: calidad, cantidad, forma de compra, etc.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, S. C. (2013, Julio). Boom en el Sector Inmobiliario en Bolivia: Burbuja o Fundamentos Económicos. Enero 15, 2014. scerezo@bcb.gob.bo.
- Chandias, M. (1981). Cómputos y Presupuestos. 21 Edición. Buenos Aires: Librería y Editora Alsina
- Dirección General de Estadística y Censos. Índice del Costo de la Construcción Metodología Base Diciembre de 1999 = 100. Montevideo 1999.
- Gobierno Municipal de la Ciudad de Tarija y Provincia Cercado - Dirección de Ordenamiento Territorial (D.O.T.). Registro de Permisos de Construcción de Edificios en la Ciudad de Tarija. 2014-2012.
- Gonzales de Prada, O. (2014, Febrero). Sector inmobiliario tarijeño: entre la bonanza económica y la burbuja. Abril 174, 2014. Bróker Owner RE/MAX Tierra Nueva.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) - Índice del Costo de la Construcción en el Gran Buenos Aires-Base 1993. Metodología 9. (Buenos Aires 1996).
- Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.). (2002, Diciembre). Documento Metodológico Índice de la Construcción. La Paz-Bolivia.
- Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.). Información Estadística-Actividades Económica – Construcción – Permisos de Construcción -Índice del Costo de la Construcción - Precios y Remuneraciones de la Construcción (Año Base=Junio 2002) – Precios Promedio de Principales Materiales de Construcción Tarija – Remuneraciones Promedio Principales Categorías Ocupacionales Ciudad de Tarija. Julio 15, 2014. ceninf@ine.gob.bo
- Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.). (Junio 30, 2014). Censo Nacional de Población y Vivienda – Resultados Finales. Julio 15, 2014. ceninf@ine.gob.bo
- Lanza, R. Cálculo de costos de construcción. 3 Edición. La Paz-Bolivia: Ed. Don Bosco
- Normas Básicas del Sistema de Contratación de Bienes y Servicios (SICOES), Decreto supremo N° 25964. Normas básicas del sistema de administración de bienes y servicios, La Paz, Octubre 2000.
- Gutiérrez, J. P. (2014, Mayo). Presupuesto & Costos. Análisis de Precios Unitarios. (57). 12 – 60.
- Romero. R. Análisis de Precios Unitarios y Presupuestos. PRESCOM 2010. Enero 2012. Oruro-Bolivia
- Zabaleta Jordán, R. (2007). Estructura de Costos Industria de la Construcción. Primera Edición. Oruro-Bolivia: Latinos Editores.

## NORMAS DE PUBLICACION DE LA REVISTA CIENCIA SUR

### Misión y Política Editorial

La Revista CIENCIA SUR, es una publicación semestral que realiza la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho que tiene como misión, difundir la producción de conocimientos de la comunidad universitaria, académica y científica del ámbito local, nacional e internacional, provenientes de investigaciones que se realiza en las distintas áreas del conocimiento, para contribuir a lograr una apropiación social del conocimiento por parte de la sociedad.

CIENCIA SUR es una publicación arbitrada que utiliza el sistema de revisión por al menos de dos pares expertos (académicos internos y externos) de reconocido prestigio, pudiendo ser nacionales y/o internacionales, que en función de las normas de publicación establecidas procederán a la aprobación de los trabajos presentados. Asimismo, la revista se rige por principios de ética y pluralidad, para garantizar la mayor difusión de los trabajos publicados.

La revista CIENCIA SUR publica artículos en castellano, buscando fomentar la apropiación social del conocimiento por parte de la población en general.

Tanto los autores, revisores, editores, personal de la revista y académicos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, tienen la obligación de declarar cualquier tipo de conflicto de intereses que pudieran sesgar el trabajo.

### Tipo de Artículos y Publicación

La Revista Ciencia Sur, realiza la publicación de distintos artículos de acuerdo a las siguientes características:

**Artículos de investigación científica y tecnológica:** Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de investigaciones concluidas. La estructura generalmente utilizada es la siguiente: introducción, metodología, resultados, Discusión, pudiendo también si así lo desean presentar conclusiones.

**Artículo de reflexión:** Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

**Artículo de revisión:** Documento resultado

de una investigación terminada donde se analizan, sistematiza e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

**Artículos académicos:** Documentos que muestren los resultados de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular, o también versan sobre la parte académica de la actividad docente. Son comunicaciones concretas sobre el asunto a tratar por lo cual su extensión mínima es de 5 páginas.

**Cartas al editor:** Posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista, que a juicio del Comité editorial constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia.

### Normas de Envío y Presentación

- a. 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.
- b. 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, interior e inferior 2 cm. y el exterior de 1 cm.
- c. 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.
- d. Para su publicación los artículos originales de investigación no deben tener una antigüedad mayor a los 5 años, desde la finalización del trabajo de investigación.
- e. 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.
- f. Los trabajos de investigación (artículos originales) deben incluir un resumen en idioma español y en inglés, de 250 palabras.
- g. 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, reconociéndose 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.

- h. 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.

### Dirección de Envío de Artículos

Los artículos para su publicación deberán ser presentados en secretaría de la Facultad de Ciencias y Tecnología, Campus Universitario El Tejar, Tarija – Bolivia, Tel/Fax 591-46640256 Interno 12 o podrán ser enviados a las siguientes direcciones electrónicas: cienciasur@uajms.edu.bo. También se debe adjuntar una carta de originalidad impresa y firmada o escaneada en formato pdf.

### 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 quién 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 Ciencia Sur, adoptarán el siguiente formato para mencionar las autorías de los trabajos.

Se debe colocar en primer lugar el nombre del autor principal, investigadores, e investigadores 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 informativo 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 introducción del artículo está destinada a expresar con toda claridad el propósito de 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, cómo 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 correspondientes, 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.

Los resultados relatan, no interpretan, las observaciones efectuadas con el material y métodos empleados. No deben repetirse en el texto datos expuestos en tablas o gráficos, resumir o recalcar sólo las observaciones más importantes.

## 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 Figuras 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.

## 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 uso 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.

## 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, páginas. Editorial y lugar de edición.

Reyes, C. (2009). Aspectos Epidemiológicos del Delirium. En M. Felipe, y Odun. 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, páginas, fecha y editorial.

López, J.H. (2002). Autoformación de Docentes a Tiempo Completo en Ejercicio. En Ciencia Sur, 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.

Salinas, C. (2003). Revalorización Técnica Parcial de Activos Fijos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Tesis (Licenciado en Auditoría). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias y Tecnología. Tarija – Bolivia.

#### 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/tecnicasdeinvestigacion.htm>

Durán, D. (2004). Educación Ambiental como Contenido Transversal. Fecha de consulta, 18 de febrero de 2005, de <http://www.ecoportat.net/content/view/full/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 Función Sustantiva. [Libro en línea]. Serie Investigaciones (ANUIES). Fecha de consulta: 23 febrero 2005. Disponible en: <http://www.anui.es.mx/index800.html>

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. (1998). Manual Práctico sobre la Vinculación Universidad – Empresa. [Libro en línea]. ANUIES 1998. Agencia Española de Cooperación (AECI). Fecha de consulta: 23 febrero 2005. Disponible en: <http://www.anui.es.mx/index800.html>

#### Revistas Electrónicas

Autor (es) del artículo ya sea institución o persona. Título del artículo en cursiva. Nombre la revista. Tipo de medio [entre corchetes]. Volumen. Número. Edición. Fecha de consulta. Disponibilidad y acceso.

Montobbio, M. La cultura y los Nuevos Espacios Multilaterales. Pensar Iberoamericano. [en línea]. N° 7. Septiembre – diciembre 2004. Fecha de consulta: 12 enero 2005. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/pensariberoamerica/index.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 (Fernandez, 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.

