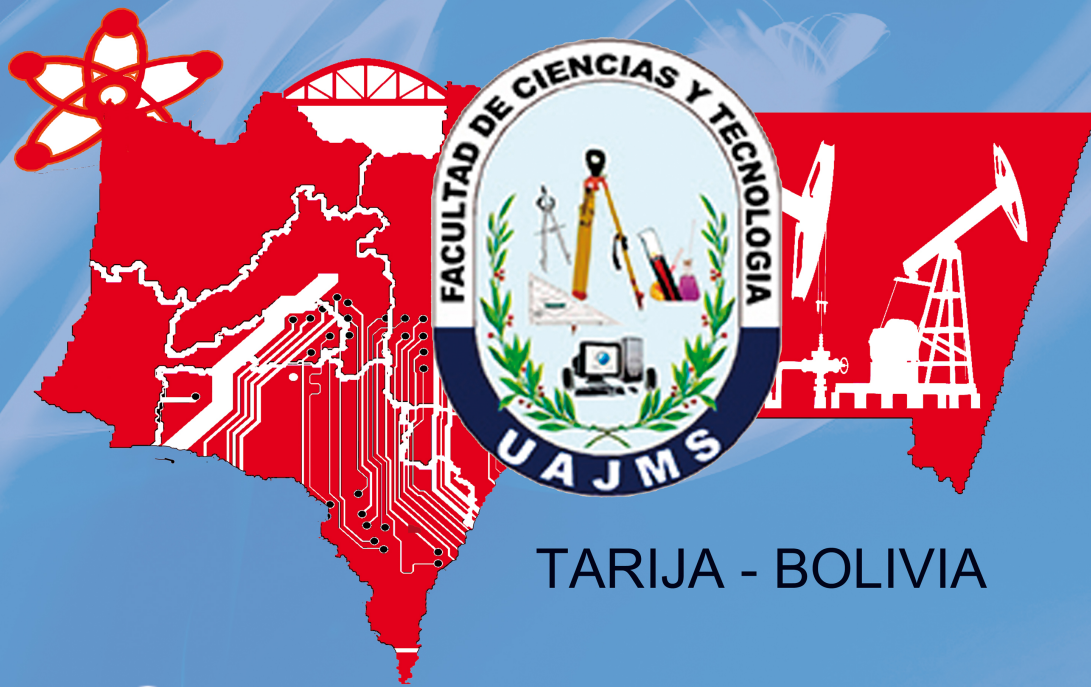


FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

CIENCIA SUR

VOLUMEN I - N° 1



TARIJA - BOLIVIA

Revista Facultativa
de
Divulgación Científica

OCTUBRE 2015



Ciencia Sur

Revista Facultativa de Divulgación Científica

Editor: M. Sc. Ing. Silvana Sandra Paz Ramírez
Vicedecana de la Facultad de Ciencias y Tecnología
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho
cienciasur@uajms.edu.bo

CONSEJO EDITORIAL

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

M. Sc. Ing. Daniel Panique
Docente Dpto. de Hidráulica y Obras Sanitarias

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

M. Sc. Lic. Octavio Aguilar Mallea
Director Dpto. de Informática y Sistemas

M. Sc. Arq. Ilsen Mogro Arroyo
Directora Dpto. de Arquitectura y Urbanismo

M. Sc. Jesús Zamora Gutierrez
Director Dpto. de Biotecnología y Cs. de los Alimentos

**UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
CIENCIA SUR**

Revista Facultativa de Divulgación Científica
Octubre, 2015

Autoridades Universitarias

M. Sc. Lic. Eduardo Cortez Baldiviezo
RECTOR U.A.J.M.S.

M. Sc. Lic. Efraín Torrejón Tejerina
VICERRECTOR U.A.J.M.S.

AUTORIDADES FACULTATIVAS

Ing. Ernesto Alvarez Gozalvez
DECANO

Ing. Silvana Paz Ramírez
VICEDECANA

Ing. Víctor Mostajo Rojas
**Director del Departamento de Estructuras
y Ciencias de los Materiales**

Ing. José Navia Ojeda
**Director del Departamento de Hidráulica
y Obras Sanitarias**

Ing. Mario Ticona Copa
**Director del Departamento de Topografía
y Vías de Comunicación**

Ing. René Michel Cortez
**Director del Departamento de Procesos Industriales
Biotecnológicos y Medio Ambientales**

Ing. Jesús Zamora Gutiérrez
**Director del Departamento de Biotecnología
y Ciencias de los Alimentos**

Lic. Octavio Aguilar Mallea
Director del Departamento de Informática y Sistemas

Arq. Ilsen Mogro Arroyo
Directora del Departamento de Arquitectura y Urbanismo

Ing. Marlene Simons Sánchez
Directora del Departamento de Química

Lic. Marco Taquichiri
Coordinador del Departamento de Física

Lic. Efraín Martínez
Coordinador del Departamento de Matemática

Editorial

Editorial

La investigación tiene sentido si sus resultados son difundidos. Las instituciones académicas son las principales fuentes de generación de conocimientos, a la fecha, continúan siendo escasas las publicaciones de carácter científico en la UAJMS, esto reduce el impacto de la actividad académica e investigativa en nuestra universidad. Sin embargo, aunque la difusión sea escasa, esto no significa, que la investigación no esté presente en el proceso enseñanza – aprendizaje, en pregrado y en posgrado. Es así que comprometida con los pilares de la educación superior y la investigación científica, la Facultad de Ciencias y Tecnología, tiene el agrado de presentar el primer número de la Revista Ciencia Sur.

En una comunidad académica donde todavía no es muy frecuente la práctica de la publicación de la investigación, es difícil lograr desde el inicio la participación esperada, sin embargo, con mucho esfuerzo y gracias a la participación de docentes, estudiantes y nuestro consejo editorial, podrán encontrar Artículos de Investigación Científica y Tecnológica, Artículos de Reflexión y Revisión de Temas Académicos.

La presentación de la Revista Ciencia Sur, no es un hecho aislado en el quehacer académico facultativo, esta revista, junto con otras acciones tales como la conformación de grupos de investigación estudiantiles, la creación de Institutos de Investigación por áreas de conocimiento de la Facultad de Ciencias y Tecnología y la Constitución de un Fondo Facultativo Concursable, para Proyectos de Investigación y Extensión, forman parte de uno de los ejes principales del Plan de Desarrollo Facultativo que corresponde al objetivo de Desarrollar un sistema de investigación, orientado a dar respuesta a las necesidades y demandas del entorno.

En este primer número, a nombre del Consejo Editorial, quiero agradecer y felicitar la acertada visión de nuestras autoridades universitarias y Departamento de Investigación Científica y Tecnológica por haber incentivado y apoyado en el financiamiento, capacitación y asesoramiento para que nuestra revista sea una realidad.

M.Sc. Ing. Silvana Sandra Paz Ramírez
Vicedecana Facultad de Ciencias y Tecnología
Comité Editorial Revista Ciencia Sur

CONTENIDO

Artículos de Investigación Científica y Tecnológica

	Pag.
APORTE DEL BAMBU EN ELEMENTOS DE HORMIGON SOMETIDOS A FLEXION Cortez Flores Ilsen Adriana.....	1
ESTUDIO DE HORMIGONES CAVERNOSOS Méndez Arévalo Adriana.....	10
EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO, A TRAVÉS DEL MÉTODO DE ARRASTRE CON VAPOR A ESCALA LABORATORIO Ortega Barriga Natalia	20
EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE HIDRÓLISIS ÁCIDA DE LA PAJA DE TRIGO López Cartagena Víctor Miguel	31
ANALISIS DE INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA CON POLIMERO Y MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL Nava Plantarrosa Carla Alejandra.....	40
METODOLOGIA DE DISEÑO PARA TALUDES REFORZADOS CON GEOGRILLAS Y GEOTEXTILES Chávez Herbas Daniel	46
AUDITORIA INFORMÁTICA INTERNA EN NUESTRO DEPARTAMENTO Carmen Janeth Padilla Vedia.....	65
NORMAS DE PUBLICACIÓN DE LA REVISTA CIENCIA SUR	72

**ARTÍCULOS
DE
INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA
Y
TECNOLÓGICA**

APORTE DEL BAMBÚ EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN SOMETIDOS A FLEXIÓN

Cortez Flores Ilsen Adriana¹

¹ Investigadora junior de la Carrera de Ingeniería Civil – Facultad de Ciencias y Tecnología - UAJMS
Dirección para correspondencia: adricortez1@gmail.com

RESUMEN

La presente investigación tuvo la finalidad de estudiar el uso de la caña bambú como refuerzo longitudinal en elementos de hormigón sometidos a flexión, con el fin de determinar si existe un aporte en la resistencia a flexión por parte de la misma.

Para el desarrollo se seleccionó las cañas a ser empleadas éstas fueron tratadas y posteriormente se obtuvieron sus propiedades tanto físicas como mecánicas a través de diferentes ensayos de laboratorio basados en las normas de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas COPANT. Luego se procedió a caracterizar los agregados a ser empleados, y en base a sus propiedades se realizó la dosificación buscando una resistencia a compresión de 210 kg/cm² en el hormigón preparado. A continuación, utilizando los resultados anteriores se sometieron vigas de hormigón simple al ensayo de flexión ASTM C-78 para obtener un valor referencial de su resistencia, tanto para los 14 como para los 28 días de edad, los cuales son 47,71 kg/cm² y 53,94kg/cm² en promedio.

Posteriormente, se armaron vigas con diferentes cuantías de refuerzo de bambú en el rango de 1,5% y 5,5%. Estas vigas de igual manera fueron sometidas al ensayo de flexión ASTM C-78, para obtener sus resistencias a los 14 y 28 días de edad y posteriormente poder determinar si existe un aporte por parte del bambú en la resistencia a flexión cuando es utilizado como refuerzo del hormigón.

En los resultados obtenidos se puede observar que el incremento de resistencia a flexión para una edad de 14 días está en el rango del 7,3 al 52,95%, mientras que para los 28 días de edad se encuentra entre el 4,36 y 60,51% en las vigas reforzadas con

bambú. Una vez definidas las características y el comportamiento del hormigón reforzado con bambú se determinaron ecuaciones para ser utilizadas en el diseño de elementos estructurales las cuales permiten obtener la cantidad necesaria de bambú para resistir la sollicitación a la que el elemento está siendo sometido.

Como aplicación práctica se realizó el diseño de una losa y una viga con dimensiones previamente definidas, y para fines comparativos se realizó el diseño de la misma viga con hormigón armado utilizando la normativa CBH-87 y ACI 05 llegando a resultados muy similares.

Palabras claves: Caña de Bambú, flexión

ABSTRACT

This research was intended to study the use bamboo cane as longitudinal reinforcement in concrete elements subjected to bending, in order to determine if there is a contribution to the flexural strength.

Once selected the rods to be used they were treated and later their physical and mechanical properties were obtained through various laboratory tests based on the standards of the Pan American Commission for Technical Standards COPANT. Then we proceeded to characterize the aggregates to be used, and based on their properties dosing was performed looking for a compressive strength of 210 kg / cm² for concrete prepared. Using the above results plain concrete beams were subjected to bending test ASTM C-78 to obtain a reference resistance value for both the 14 to 28 days of age which are 47,71 kg / cm² and 53,94kg / cm² on average.

After that, we armed beams with different amounts of bamboo reinforcement in the range of 1,5% to 5,5%. These beams likewise were subjected to bending test ASTM C-78, to obtain their resistance at 14 and 28 days of age and later to determine if there is a contribution from the bamboo in flexural strength when used as reinforcement concrete.

In the results it can be seen that the increase in flexural strength for an age of 14 days is in the range of 7,3 to 52,95%, while for the 28 days of age is between 4,36 and 60,51% in the bamboo reinforced beams. Once the characteristics and behavior of reinforced concrete bamboo were defined, we determined equations to be used in the design of structural elements which allow you to obtain the necessary amount of bamboo to withstand the stresses to which the element is undergoing.

As an application of them design of a slab and a beam with predefined dimensions was performed. For comparison the same beam was designed in reinforced concrete using the rules of CBH-87 and ACI-05, reaching similar results in both cases.

Keywords: Bambú, flexion,

INTRODUCCIÓN

En Asia, muy especialmente, el bambú se ha empleado como refuerzo del hormigón durante muchas décadas. Hasta ahora su uso fue limitado solamente a estructuras menores, la utilización de este material se ha visto cristalizada en épocas de escasez de acero, y no puede decirse que la experiencia fuera totalmente alentadora aunque el refuerzo de bambú ciertamente sufre limitaciones obvias de diseño. Este factor no debe obstruir su creciente adopción siempre que se tomen las precauciones debidas.

Ocupándonos del refuerzo de bambú podemos decir que la meta generalmente deseable es mejorar y desarrollar técnicas de construcción basadas en materiales disponibles en la localidad; además, no sólo significaría una sustitución parcial

del acero (que económicamente es plenamente justificada) sino que introduciría una mejora en la construcción rural.

Al ser el bambú un valioso material rural de construcción, existe una familiarización con su empleo.

Desde 1940 Data y De Simone, experimentaron con bambú y desde entonces diversas investigaciones pusieron en claro que el reforzamiento con bambú es factible, pero aún existen problemas concernientes a las uniones o ligaduras, cambios de volumen y posible descomposición o falla.

En distintas partes del mundo, muchas especies han sido probadas y existe diversidad en los resultados obtenidos, así, por ejemplo, se dice

que el bambú alcanza a resistir altas fuerzas de tensión. Según bibliografía consultada puede alcanzar valores de 53.000 psi (3.726 kg/cm²); pero este valor es sumamente variable pues se dan valores de 15.000 psi (1.055 kg/cm²) y al ser el rango bastante apreciable, se debe definir con ensayos de especies locales.

Muchos investigadores se han dedicado a buscar algún tratamiento eficaz y han utilizado una diversidad de formas para hacerlo; así por ejemplo, aconsejan el uso de mezclas como la de linaza-aguarrás o bitumen y querosene. También han experimentado con resinas de poliéster, sulfuros y otras sustancias para que la protección sea efectiva. De todas formas, según los resultados de las pruebas, se nota claramente una mejora substancial en cuanto a humedad y adherencia.

Con el fin de evitar los ataques de insectos y hongos, la caña bambú ha sido tratada con sulfato de cobre, sumergida de forma que la substancia penetre y tenga efectos de fungicida. Se ha seguido un tratamiento típico utilizado en la Ingeniería Forestal para preservación de la madera, el cual consisten en:

a) Preparar una solución con la siguiente dosificación:

Sulfato de Cobre	1,0 Kg.
Cal apagada	0,5 Kg.
Agua	10 l.

b) Cortar las cañas y sumergir las bases en la solución que debe estar en un recipiente no metálico, pues la solución es corrosiva.

c) Dejar reposar un tiempo (4 ó 5 días) de tal forma que la solución penetre en las cañas, para luego dejar secar al aire y con la humedad deseada preparar la armadura de bambú a utilizar en el hormigón.

En lo que respecta a la adherencia, un aditivo denominado Sikadur 32 – Gel cuya principal función es trabajar como adhesivo estructural, ha sido probado mediante su aplicación sobre las barras de bambú, y los resultados muestran que el mismo incrementa la adherencia entre el hormigón y el bambú aproximadamente 5 veces comparado con el bambú sin tratar que es introducido en el hormigón.

Es por eso que para solucionar el problema de adherencia entre el bambú y el hormigón se seleccionó este producto aplicándolo como puente de adherencia con una brocha sobre la superficie preparada, tomando en cuenta que el hormigón fresco debía ser vaciado antes de 3 horas si la temperatura era hasta de 20°C o 1 hora si la misma era de 30°C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de determinar la resistencia a flexión en elementos de hormigón reforzado con bambú, se caracterizaron todos sus componentes, es decir, primero se obtuvieron las características tanto físicas como mecánicas de la caña a ser utilizada, para definir las condiciones bajo las cuales ésta trabaja de manera óptima. Luego se procedió a caracterizar los agregados a ser empleados, para en base a sus características realizar la dosificación más conveniente que permita alcanzar la resistencia a compresión de 210 Kg/cm² en el hormigón preparado.

A continuación, utilizando los resultados anteriores se procedió a ensayar a flexión vigas de hormigón simple y vigas de hormigón reforzado con bambú el cual previamente fue recubierto con una capa del aditivo SIKADUR 32 GEL para asegurar la adherencia. Se emplearon diferentes cuantías con el fin de observar si existe o no un aporte del bambú en la resistencia a flexión cuando éste es introducido en el hormigón.

Ensayos sobre el bambú

Para la obtención de las propiedades tanto físicas como mecánicas de la caña bambú se realizaron los diferentes ensayos correspondientes, en base a normas establecidas por la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT). Los ensayos a los que se sometieron muestras de bambú son:

- Contenido de humedad
- Densidad
- Tracción
- Compresión paralela a las fibras
- Compresión perpendicular a las fibras
- Flexión

Ensayos sobre los agregados

Para obtener las características de los agregados y en base a ellas realizar una dosificación apropiada para obtener una resistencia de 210 kg/cm² en las vigas a ser probadas se realizaron los siguientes ensayos en los agregados:

- Granulometría del agregado grueso
- Peso específico y absorción de agregado grueso
- Peso unitario del agregado grueso
- Granulometría del agregado fino
- Peso específico y absorción del agregado fino
- Peso unitario del agregado fino

Elaboración de las vigas

Una vez obtenidas las características tanto de la caña como de los agregados a utilizar se realizó la dosificación del hormigón por el método ACI, el cual parte de la resistencia que debe tener el mismo, siendo adecuado para cualquier tipo de obra realizada con este material.

Para las vigas a ensayar se realizó la dosificación para un hormigón con una resistencia de 210 Kg/cm². En lo que respecta a la caña, una vez recolectada fue sometida a un tratamiento con efectos fungicidas e insecticidas, al sumergirla en una solución de sulfato de cobre y cal apagada, para luego dejarla secar al aire hasta que adquiriera el contenido de humedad considerado como "óptimo".

Una vez ensayada la caña y obtenidos los valores de contenido de humedad que se pueden considerar "óptimos" para los cuales la misma alcanzaba los valores de resistencia más elevados tanto a tracción como a compresión se procedió a armar vigas con diferentes cuantías de bambú para someterlas al ensayo de flexión.

Primero se ensayaron vigas de hormigón simple para obtener un valor parámetro de la resistencia de las mismas y posteriormente poderlos comparar con los obtenidos con vigas reforzadas con diferentes cuantías de bambú.

Ensayo de Flexión

En esta prueba, una viga simple de hormigón (sin refuerzo) se sujeta a flexión usando carga de dos puntos simétricos hasta que ocurre la falla. Puesto que los puntos de carga están espaciados a un tercio del claro libre, la prueba es llamada prueba de carga en los tercios. El esfuerzo a tensión máximo teórico alcanzado en la fibra inferior de la viga de prueba es conocido como el módulo de ruptura.

Las vigas normalmente son probadas sobre su lado en relación con la posición como se ha vaciado pero, siempre y cuando el hormigón no segregue, la posición de la viga como se prueba en la relación con la posición como se ha vaciado no afecta el módulo de ruptura.

Los requisitos de la norma ASTM C 78-94 prescriben carga en los tercios en vigas de 150 por 150 con una longitud que sea mínimamente tres veces la de su lado.

En esta prueba, la falla ocurre cuando se ha agotado la resistencia a la tensión del hormigón en la fibra extrema bajo el punto de carga. Por otro

lado, con la carga en los tercios, un tercio de la longitud de la fibra inferior en la viga se sujeta al esfuerzo máximo, así que puede desarrollarse el agrietamiento crítico, en cualquier sección en un tercio de la longitud de la viga. Puesto que la probabilidad de que un elemento débil (de cualquier resistencia especificada) que está sujeto al esfuerzo crítico sea considerablemente mayor bajo carga de dos puntos que cuando actúa una carga en el centro del claro, la prueba de carga en el centro del claro da un valor mayor del módulo de ruptura, pero también más variable en consecuencia, la prueba de carga en el centro del claro se usa muy raramente.

Tabla 1. Resultados obtenidos para el Módulo de rotura en vigas de hormigón simple a los 14 días

Muestra N°	Edad (DIAS)	Refuerzo (%)	Peso Kg	Módulo de Rotura Kg/cm ²
2	14	Sin Refuerzo	30,00	55,80
4	14	Sin Refuerzo	28,84	47,23
6	14	Sin Refuerzo	28,14	41,28
8	14	Sin Refuerzo	27,73	42,98
10	14	Sin Refuerzo	28,03	49,60
12	14	Sin Refuerzo	28,22	49,39
Promedio			28,49	47,71

Tabla 2. Resultados obtenidos para el Módulo de rotura en vigas de hormigón simple a los 28 días

Muestra N°	Edad (DIAS)	Refuerzo (%)	Peso Kg	Módulo de Rotura Kg/cm ²
1	28	Sin Refuerzo	30,47	58,95
3	28	Sin Refuerzo	29,51	54,15
5	28	Sin Refuerzo	28,39	49,89
7	28	Sin Refuerzo	28,36	52,88
9	28	Sin Refuerzo	28,58	54,23
11	28	Sin Refuerzo	27,91	53,52
Promedio			28,87	53,94

Ensayos en vigas reforzadas con bambú

Se utilizaron cuatro vigas para cada una de las cuantías estudiadas, de las cuales dos fueron ensayadas a los catorce días de edad y las otras dos a los veintiocho y los resultados obtenidos se los puede observar en la tabla a continuación:

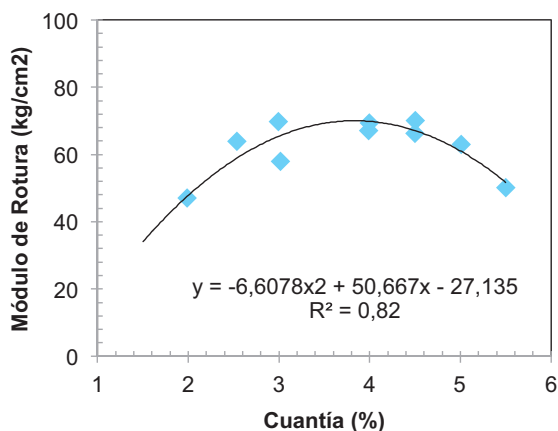
Tabla 3. Resultados obtenidos para el Módulo de rotura en vigas de hormigón reforzado con diferentes cuantías de bambú a los 14 días.

Muestra N°	Edad (DÍAS)	Refuerzo (%)	Peso Kg	Módulo de Rotura Kg/cm ²
13	14	1,50	27,84	67,11
14	14	1,50	28,00	78,85
17	14	2,00	28,48	60,42
18	14	2,00	28,36	46,19
21	14	2,50	28,08	62,77
22	14	2,50	27,80	41,06
25	14	3,00	27,56	69,95
26	14	3,00	27,55	58,07
29	14	3,50	27,31	68,57
30	14	3,50	27,54	67,61
33	14	4,00	27,19	67,46
34	14	4,00	27,40	68,96
37	14	4,50	27,81	69,87
38	14	4,50	27,80	66,68
41	14	5,00	27,47	63,41
42	14	5,00	27,40	69,31
45	14	5,50	27,24	60,35
46	14	5,50	27,31	49,82

Tabla 4. Resultados obtenidos para el Módulo de rotura en vigas de hormigón reforzado con diferentes cuantías de Bambú a los 28 días.

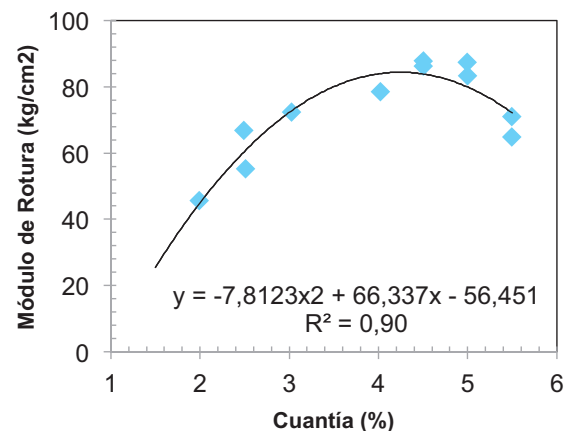
Muestra N°	Edad (DIAS)	Refuerzo (%)	Peso Kg	Módulo De Rotura Kg/cm ²
15	28	1,50	27,97	67,25
16	28	1,50	27,88	64,97
19	28	2,00	28,38	45,69
20	28	2,00	27,67	66,89
23	28	2,50	28,38	55,29
24	28	2,50	27,71	66,33
27	28	3,00	27,47	56,22
28	28	3,00	27,68	72,73
31	28	3,50	27,42	77,57
32	28	3,50	27,51	78,42
35	28	4,00	26,97	78,28
36	28	4,00	27,38	78,64
39	28	4,50	27,52	86,89
40	28	4,50	27,48	86,25
43	28	5,00	27,57	86,68
44	28	5,00	27,85	84,61
47	28	5,50	27,50	65,40
48	28	5,50	27,79	71,09

Cuantía Vs Módulo de Rotura



Gráfica 1. Cuantía de Caña Bambú vs Módulo de rotura para 14 días

Cuantía Vs Módulo de Rotura



Gráfica 2. Cuantía de Caña de Bambú vs Módulo de rotura para 28 días.

Tabla 5. Incremento de resistencia a la flexión en vigas reforzadas con Bambú, en relación a vigas de hormigón simple para 14 días de edad.

Edad	Cuantía Bambú	Módulo de Rotura	Hormigón Simple	Incremento Resistencia
(Días)	(%)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(%)
14	1,5	72,98	47,71	52,95
14	2	51,20	47,71	7,30
14	2,5	53,30	47,71	11,70
14	3	64,01	47,71	34,16
14	3,5	44,87	47,71	42,72
14	4	68,21	47,71	42,96
14	4,5	68,28	47,71	43,09
14	5	66,36	47,71	39,08
14	5,5	55,08	47,71	15,44

Tabla 6. Incremento de resistencia a la flexión en vigas reforzadas con Bambú, en relación a vigas de hormigón simple para 28 días de edad.

Edad	Cuantía Bambú	Módulo de Rotura	Hormigón Simple	Incremento De Resistencia
(Días)	(%)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(%)
28	1,5	64,83	53,94	20,20
28	2	56,29	53,94	4,36
28	2,5	60,81	53,94	12,74
28	3	64,48	53,94	19,54
28	3,5	45,72	53,94	44,60
28	4	78,46	53,94	45,46
28	4,5	86,57	53,94	60,51
28	5	85,65	53,94	58,79
28	5,5	68,25	53,94	26,53

RESULTADOS

En lo que respecta al comportamiento de la caña bambú cuando es sometida a esfuerzos de tracción se observa que a medida que el porcentaje de humedad disminuye su resistencia se incrementa, esto se debe a que los tejidos que se encuentran entre las fibras adquieren

propiedades adherentes entre ellos cuando pierden humedad, lo que incrementa la resistencia; sin embargo, este fenómeno ocurre hasta cierto contenido de humedad ya que para contenidos de humedad considerados muy bajos la caña se vuelve muy frágil (de consistencia vidriosa) para ser sometida a diferentes tipos de esfuerzos y se quiebra muy fácilmente.

Se puede ver que en los tres rangos de contenido de humedad ensayados el comportamiento de la caña es el mismo, es decir, a medida que se incrementa el contenido de humedad la resistencia disminuye; sin embargo, para el rango central (del 10 al 15%) de contenido de humedad, la caña alcanza su máxima resistencia, es por eso que se lo define como el contenido "óptimo" de humedad. De todas las muestras ensayadas a tracción, se observa que la falla siempre ocurre en los nudos, lo que convierte a esa zona en la zona crítica de la caña cuando va a ser sometida a esfuerzos de ese tipo.

Con relación a la flexión pura se puede observar que el comportamiento de la resistencia de la caña bambú cuando es sometida a este tipo de esfuerzos, en relación al contenido de humedad de la misma es similar al de la caña cuando es sometida a tracción, es decir, a menor contenido de humedad, mayor resistencia, siempre y cuando la misma no se encuentre muy seca ya que de estarlo es muy frágil para ser usada.

Por otra parte, los valores obtenidos de la resistencia a flexión pura mediante este ensayo, son para cañas que no han sido seccionadas, es decir, secciones circulares huecas, lo que en cierta manera reduce la resistencia ya que las mismas tienden a fallar por aplastamiento, mientras que si se utiliza caña seccionada en tiras, la resistencia a la flexión puede incrementarse de manera considerable.

La compresión perpendicular fue estudiada en elementos con y sin nudo ya que su presencia afecta de manera considerable en los resultados. En ambos casos se puede observar que el comportamiento "a menor contenido de humedad, mayor resistencia" se mantiene hasta cierto rango.

Contrariamente a la tracción, cuando la caña es sometida a compresión perpendicular a sus fibras, la presencia de un nudo resulta favorable ya que el mismo incrementa la resistencia.

En lo que respecta a vigas de hormigón simple la resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del hormigón y se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en kilogramos por centímetro cuadrado, el cual según bibliografía es cerca del 10 al 20% de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado.

Las vigas fueron sometidas al ensayo ASTM C78 a los 14 y a los 28 días de edad, los que muestran que la resistencia promedio a la flexión del hormigón simple es de 47,71 kg/cm² para los 14 días y de 53,94 Kg/cm² para los 28, donde según se observa, el agregado grueso utilizado colaboró en la resistencia ya que la misma alcanzó un valor promedio del 25% de la resistencia a compresión, estando por encima de los valores encontrados en la bibliografía.

Como se puede observar, los resultados obtenidos en los ensayos a flexión de vigas reforzadas con bambú son considerablemente elevados en relación a vigas de hormigón simple.

Se puede notar que para una cuantía del 1,5 % los valores de resistencia a la flexión (Módulo de Rotura) son mayores que para 2%; pero sin embargo, estos no pueden considerarse los óptimos ya que con cuantías mayores se obtienen valores más elevados de resistencia a la flexión.

Al igual que en compresión, la resistencia a flexión que adquieren las vigas a los 28 días de edad es mayor que su resistencia a los 14 días, tanto en vigas de hormigón simple como en vigas reforzadas con bambú.

En las Gráfica 1 y Gráfica 2, se observa que la resistencia a flexión en relación con la cuantía de bambú que tiene la viga, tiene un comportamiento parabólico, es decir, a medida que se incrementa la cuantía, la resistencia a flexión también incrementa hasta llegar a un punto que puede considerarse el "óptimo" donde a partir de ahí la

resistencia a la flexión vuelve a disminuir.

Teniendo en cuenta que los valores de las correlaciones son de 0,82 para 14 días de edad y 0,90 para los 28 días se demuestra que las curvas son bastante representativas.

En la Tabla 5, se puede ver que el incremento de resistencia a flexión para una edad de 14 días está en el rango del 7,3 al 52,95%, siendo para esta edad el valor más elevado el correspondiente a una cuantía de 1,5%, sin embargo, como este queda fuera de la dispersión de puntos se considera que el valor óptimo de cuantía para los 14 días de edad es del 4,5% el cual se encuentra dentro de la curva seleccionada como la más representativa.

En la Tabla 6, se observa que el incremento de resistencia a flexión para la edad de 28 días se encuentra en el rango de 4,36 a 60,51%

Para los 28 días de edad se verifica que la cuantía óptima de bambú es de 4,5% ya que nos proporciona la resistencia a flexión más alta.

Una vez teniendo todos estos datos disponibles se realizó una aplicación del diseño de hormigón reforzado con bambú donde se realizó la deducción de una fórmula que permitiera realizar diseño de estas estructuras mismas que está dada por:

$$Ab = \frac{Mn}{Fyc * \left(d - \frac{\left(\frac{Ab * Fyc}{0,225 * f'c * b} \right)}{3} \right)}$$

Donde:

Ab= cantidad de bambú necesaria para resistir el momento (cm²).

Mn= momento nominal (kg/cm).

Fyc= resistencia característica a tracción de la caña bambú (kg/cm²).

f'c= resistencia del hormigón (kg/cm²).

d= altura efectiva de la sección (cm).

b= ancho de la sección (cm).

Mediante la cual con un proceso iterativo se puede obtener la cantidad de armadura necesaria para resistir el momento.

Considerando que el diseño realizado está en el campo elástico donde:

$$\sigma \ll \sigma_{adm}$$

Diseño en rotura Obtención del factor de reducción de resistencia

Para el diseño en rotura primero se obtuvo el factor de reducción de resistencia introduciendo los datos de las resistencias obtenidas en el rango "óptimo" de contenido de humedad a una distribución Normal. Teniendo que el valor de este factor para la caña estudiada es de 0,78.

Posteriormente, utilizando el diagrama esfuerzo y deformación en el campo plástico se dedujo que la cantidad de bambú necesaria para resistir el momento cuando el diseño se realiza en rotura está dada por:

$$A_b = \frac{(0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b)}{F_{yc}}$$

Donde:

C= resultante de compresión (kg).

T=resultante de tracción (kg).

b= ancho de la sección (cm).

Ab= cantidad de caña necesaria para resistir el momento (cm²).

Mn= momento nominal (kg/cm).

Mu= momento resistente (kg/cm).

Φ= factor de reducción de la resistencia.

a= profundidad del bloque de compresiones (cm).

De esta forma obtendremos la cantidad de bambú necesaria para el diseño en rotura.

DISCUSIÓN

Luego de haber definido las propiedades físicas y mecánicas de la caña bambú y utilizarla como refuerzo longitudinal en elementos de hormigón los cuales fueron sometidos a ensayos de flexión,

podemos mencionar una serie de datos que resultan verdaderamente interesantes y permiten además apreciar que efectivamente utilizar el mismo como refuerzo del hormigón incrementa su resistencia cuando este es sometido a flexión.

Primero podemos afirmar que es factible la utilización del bambú como refuerzo del hormigón; sin embargo, se necesita tener conocimiento del tratamiento previo que necesita la caña para su correcto funcionamiento en el hormigón, además del proceso de vaciado y funcionamiento para evitar posibles fallas de construcción.

En base a resultados obtenidos experimentalmente podemos afirmar que el contenido de humedad con el que se debe utilizar el bambú como refuerzo en el hormigón es de aproximadamente 12%, ya que así el mismo alcanza sus máximas resistencias y es menos propenso a sufrir ataques de insectos o podrirse. Haciendo notar además que, el exceso de humedad en el bambú provocará la pérdida de agua del mismo al transcurrir el tiempo provocando su pérdida de volumen y por ende vacíos en el elemento de hormigón que reducirá su resistencia.

Por otra parte, el bambú debe recibir un tratamiento con el fin de asegurar que exista adherencia con el hormigón para que ambos trabajen como un conjunto resistiendo los esfuerzos a los que sean sometidos, experimentalmente se pudo observar que el adhesivo SIKADUR 32GEL, gracias a su particularidad de tener alta resistencia a la tracción, funciona de muy buena manera proporcionando al bambú la adherencia necesaria.

Como hemos visto en lo expuesto anteriormente, de manera experimental se pudo observar que para los 28 días de edad el incremento de resistencia a flexión para vigas de hormigón reforzadas con cuantías entre el 1,5 y 5,5 % se encuentra en el rango del 4,36 al 60,51 % demostrándose que el bambú aporta de manera significativa en la resistencia comparada con la de una viga de hormigón simple.

Recalcando que el comportamiento de la resistencia a la flexión en función a la cuantía de bambú de las vigas es parabólico, es decir, a medida que se incrementa la cantidad de bambú la resistencia aumenta hasta llegar a un punto que puede ser considerado el óptimo y es a partir de ahí que, a pesar de que se siga incrementando la cuantía, la resistencia a flexión vuelve a disminuir. Cabe hacer mención que no se pretende reemplazar al hierro, porque las características del bambú no alcanzan en mínima parte la magnitud de sus características; sin embargo, la proyección de esta investigación va a pequeñas edificaciones que no tienen que resistir grandes solicitaciones en las cuales el bambú sí puede ser utilizado como refuerzo del hormigón asegurando su correcto funcionamiento.

Es así que con el principal fin de continuar con la investigación del hormigón reforzado con bambú en el afán de proyectarlo como un refuerzo estructural de hormigón en un futuro no muy lejano se presentan algunas de las características importantes de los elementos de hormigón reforzado con bambú, sobre los cuales deberán hacerse investigaciones en el futuro como por ejemplo se deberán realizar pruebas de adherencia entre el bambú y el hormigón con y sin aditivos para verificar su funcionamiento.

Además se deberán probar diferentes disposiciones de la armadura para comparar sus comportamientos y encontrar aquella en la que las resistencias alcanzadas son las más elevadas.

A través de ensayos de laboratorio se podría determinar las longitudes de anclaje necesarias en las armaduras de bambú además de las longitudes de traslape necesarias.

Y finalmente se podría realizar un estudio más profundo sobre la vida útil de elementos de

hormigón reforzados con bambú para verificar la funcionalidad de estos con proyecciones a futuro.

BIBLIOGRAFÍA

Adom-Asamoah, M., & Afrifa Owusu, R. (2011). A comparative study of Bamboo reinforced concrete beams using different stirrup materials for rural construction.

Arcilla, J. (1993). El bambú como material de construcción.

ASTM. (s.f.). American Society for Testing and Materials - ASTM C78.

Botero Cortés, L. F. (2004). Manual de Bambú. CBH-87. (1987). Código Boliviano del Hormigón - CBH 87.

COPANT, M. (s.f.). Comisión Panamericana de Normas Técnicas - COPANT Maderas.

Fanf, H., & Fay, S. (1978). Mecanismo de la interacción Bambú-Agua-Concreto. Conferencia Internacional sobre Materiales de Construcción para países en desarrollo. Bangkok, Tailandia. Jimenez Montoya. (s.f.). Hormigón Armado.

Khosrow, G. (s.f.). Bamboo as reinforcement in structural concrete elements.

Leena, K. (s.f.). Performance evaluation of Bamboo reinforced concrete beams.

Mahzuz, H. M., Mushtaq, A., Ashrafuzzaman, M., Rejaul, K., & Raju, A. (2011). Performance evaluation of Bamboo with mortar and concrete.

N.V., H. S., Vamsi Krishna, T., & Ramana Reddy, I. V. (2012). Investigation on properties of Bamboo as reinforcing material in concrete.

ESTUDIO DE HORMIGONES CAVERNOSOS

Méndez Arévalo, Adriana¹

¹ Investigadora Junior de la Carrera de Ingeniería Civil – Facultad de Ciencias y Tecnología
- UAJMS Dirección para correspondencia: adri_ana_m@hotmail.com

RESUMEN

La búsqueda de reducir el peso propio de la estructuras, ha llevado a la ingeniería a desarrollar nuevas técnicas con el objetivo de alcanzar nuevos hormigones más livianos que cumplan las características de los hormigones convencionales. La disminución del peso de estos hormigones se produce por una presencia de vacíos en los áridos y/o mortero.

El uso de Hormigones livianos es una solución para la disminución del peso. Estos hormigones son clasificados como, hormigones celulares, hormigones con agregados livianos y hormigones cavernosos o “sin finos”.

Los hormigones cavernosos llamados también “Sin finos” o de textura abierta son mezclas constituidas por agregados gruesos o medianos y cemento portland destinado a aglomerarlos. Contienen en la mezcla un volumen de agregado fino menor a 10% del volumen del agregado grueso.

El alcance del presente trabajo de investigación está delimitado al análisis de las características físico-mecánicas del hormigón cavernoso, principalmente el peso específico y la resistencia a la compresión que alcanzan los hormigones cavernosos, de modo que concluidos los ensayos se elaboraron curvas con las variables estudiadas, como ser: porcentaje de agregado fino vs. Peso específico, porcentaje de agregado fino vs. Resistencia a la compresión, Peso específico vs. Resistencia.

Además, se realizó un análisis comparativo entre los resultados de los ensayos para los diferentes tipos de agregado grueso.

Palabras claves: Hormigón cavernoso, Resistencia.

ABSTRACT

The quest to reduce the weight of the structures, has led the engineers to develop new techniques in order to reach new lighter concrete with the characteristics of conventional concrete. The decreased weight of these concretes is produced by a presence of voids in the aggregate and / or mortar.

The use of lightweight concretes is a solution for weight loss. These are classified as concrete, cellular concrete, concrete with lightweight aggregates and cavernous concrete or "no fines". The cavernous concrete also called "fine Sin" or open texture are mixtures of heavy or medium aggregates and portland cement intended to agglomerate. The mixture containing a smaller volume of fine aggregate to 10% of the volume of coarse aggregate.

The scope of this research is bounded to the analysis of physical-mechanical cavernous concrete, mainly the specific gravity and the compressive strength reaching the cavernous concrete, so that concluded curve characteristics tests were developed with the variables studied such as: percentage of fine aggregate vs. Specific gravity, vs. percentage of fine aggregate Compressive strength, specific gravity vs. Resistance.

In addition, a comparative analysis of the results of tests for different types of coarse aggregate was performed.

Keywords: Cavernous concrete, resistance

INTRODUCCIÓN

Los hormigones cavernosos llamados también “Sin finos” o de textura abierta son mezclas constituidas por agregados gruesos o medianos y cemento portland destinado a aglomerarlos. Contienen en la mezcla un volumen de agregado fino menor a 10% del volumen del agregado grueso.

Estos hormigones se diferencian esencialmente de los normales en la granulometría de los agregados utilizados, obteniéndose la disminución de peso específico por la formación de grandes huecos en su masa como consecuencia de la reducción del agregado fino.

Esto es posible por el hecho de que el aglomerante tiene como única función envolver los granos de agregado grueso y vincularlos entre sí. El lugar ocupado en el hormigón ordinario por el agregado fino es reemplazado en los hormigones cavernosos, por huecos llenos de aire.

El peso específico del hormigón endurecido depende de varios factores, principalmente de naturaleza de los áridos, de su granulometría y del método de compactación empleado. Será tanto mayor cuanto mayor sea el de los áridos utilizados y mayor cantidad de agregado grueso contenga, y tanto mayor cuanto mejor compactado este. De todas formas, las variaciones de peso del hormigón son pequeñas, pudiendo tomarse en los cálculos valores entre 2.250 y 2.450 kg/m³ y puede suponerse igual a 2.300 kg/m³.

Según el peso específico los hormigones cavernosos, pueden ser agrupados en dos categorías:

- Hormigones cavernosos de agregados ordinarios, cuyo peso específico aparente seco es inferior al de los hormigones comunes debido a que contienen una proporción relativamente importante de huecos, pudiendo variar entre 1600 y 2000 kg/m³.
- Hormigones cavernosos de agregados livianos, cuyo peso específico aparente oscila entre 700 y 1000 kg/m³.

La resistencia a la compresión del hormigón cavernoso varía generalmente entre 15 k/cm² y 140 kg/cm², lo que depende principalmente de su densidad, que es rígida por el contenido de cemento.

La resistencia es, en general más reducida con escorias y piedra pómez y más elevada con cascotes de ladrillos, piedras trituradas y grava. Para la mayor parte de las aplicaciones corrientes,

sólo se requiere una resistencia de 20 a 25 kg/cm².

La resistencia a la tracción por flexión es del orden de 25% a 30% de la resistencia a la compresión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación y caracterización de materiales que conforman la mezcla

Para la obtención de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón cavernoso como ser la resistencia compresión y el peso específico de dicho hormigón, como primer paso se llevó a cabo la preparación y caracterización de los agregados con el fin de realizar una dosificación adecuada. Preparación de materiales

Los agregados fueron previamente lavados con el fin de eliminar materias orgánicas u otras partículas innecesarias que podrían afectar en la dosificación de la muestra y luego secados para su posterior uso, mientras que el cemento fue almacenado en un lugar seco para evitar que este absorba humedad del ambiente y comience un fraguado superficial.

La caracterización de los materiales se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 1. Resultados ensayo Peso específico agregado grueso.

Peso específico		Canto rodado	Chancado
Peso específico a granel	[gr/cm ³]	2.58	2.59
Peso específico saturado sup. Seca	[gr/cm ³]	2.6	2.63
Peso específico aparente	[gr/cm ³]	2.63	2.7
% de absorción	[%]	0.73	1.59

Tabla 2. Resultados del Peso unitario del agregado grueso.

Peso unitario		Canto rodado	Chancado
Suelto	[gr/cm ³]	1.49	1.42
Compactado	[gr/cm ³]	1.58	1.51

Tabla 3. Resultados peso específico agregado fino.

Peso específico		Agregado fino
Peso específico a granel	[gr/cm ³]	2.28
Peso específico saturado sup. seca	[gr/cm ³]	2.31
Peso específico aparente	[gr/cm ³]	2.36
% de absorción	[%]	1.55

Tabla 4. Resultados peso unitario agregado fino

Peso unitario		Agregado fino
Suelto	[gr/cm ³]	1.57
Compactado	[gr/cm ³]	1.74

Metodología y procedimiento

Una vez realizada la caracterización de los áridos, el estudio experimental se plantea de la siguiente manera: Partiendo de un hormigón dosificado según la ACI para que alcance una resistencia a compresión de 210 kg/cm² y haciendo que dicha dosificación cumpla con los parámetros principales en los que se basa el hormigón cavernoso, como ser: la relación agua/cemento entre 0.4-0.5 y que la granulometría contenga partículas con tamaño máximo de 30 mm, se realizaron varias dosificaciones en las cuáles el estudio en objeto fue la reducción de la cantidad de agregado fino existente en la mezcla en los siguientes porcentajes: 20%, 40%, 60%, 80%, 90% y 95% medidos en peso, basándonos en la teoría que un hormigón se llama cavernoso cuando contienen en la mezcla hasta 10% de agregado fino.

Se elaboraron cuatro probetas cilíndricas con medidas estandarizadas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura para cada reducción de agregado fino. Se practicó el ensayo con dos tipos diferentes de agregado grueso:

- Agregado grueso de canto rodado proveniente del río Tarija en el sitio donde se juntan tres afluentes (Guadalquivir, Santa Ana y Camacho).
- Agregado grueso chanchado proveniente del banco de agregados de la empresa Erika Srl.

Curado de probetas

Al cabo de 24 horas se desmoldan las probetas y se colocan en piscinas con agua, cuya temperatura debe permanecer entre 18 y 24 °C, donde se las deja reposar generalmente entre 7 y 28 días.

Para el curado de las probetas se tuvo una limitación en el procedimiento, debido a que no se contaba con la piscina de agua disponible los 28 días en el laboratorio, se curó las probetas 14 días. Ensayos de rotura de probetas

El ensayo de rotura de probetas a compresión esta basando según la norma ASTM C39 y se realizó el ensayo a los 28 días de edad de todas las muestras.

RESULTADOS

Resultados del ensayo resistencia a compresión

Una vez realizado el ensayo de Resistencia a compresión se procede a presentar los resultados obtenidos donde se muestra la resistencia promedio para cada muestra con reducción de agregado fino para 2 tipos diferentes de agregado grueso: Canto rodado (R) y Chancado (C).

Resultados de peso específico

Se presentan los resultados experimentales obtenidos en ensayos para determinación del peso específico de las muestras.

El peso específico se lo encuentra con la siguiente fórmula:

$$\gamma = \frac{\text{Peso promedio}}{\text{Volumen de probeta}}$$

En las Tabla 7 y Tabla 8 la columna llamada "Peso específico [%] en relación a probeta patrón" fue encontrada bajo la siguiente relación:

$$\gamma [\%] = \frac{\gamma_{\text{con reducción de finos}}}{\gamma_{\text{patrón (100\% A.F.)}}} \cdot 100$$

Con el único fin de hallar el peso que reduce el hormigón si es que se quita el agregado fino expresado en porcentaje.

En la siguiente columna se utilizó la subsiguiente fórmula:

$$\text{Reducción } [\%] = 100 - \gamma [\%]$$

Tabla 5. Resistencia a compresión de probetas realizadas con agregado grueso (canto rodado).

Probeta N°	Especificación	Resistencia Proyección 28 días [kg/cm ²]	Promedio Resistencia [kg/cm ²]
1	Probeta #1 100%(R)	231.15	221.71
2	Probeta #2 100%(R)	210.19	
3	Probeta #3 100%(R)	218.97	
4	Probeta #4 100%(R)	226.53	
5	Probeta #9 80%(R)	205	221.42
6	Probeta #10 80%(R)	215.8	
7	Probeta #11 80%(R)	235.58	
8	Probeta #12 80%(R)	229.3	
9	Probeta #17 60%(R)	219.53	220.08
10	Probeta #18 60%(R)	227.16	
11	Probeta #19 60%(R)	220.58	
12	Probeta #20 60%(R)	213.03	
13	Probeta #25 40%(R)	180.67	198.38
14	Probeta #26 40%(R)	186.9	
15	Probeta #27 40%(R)	213.09	
16	Probeta #28 40%(R)	212.86	
17	Probeta #33 20%(R)	108.27	93.75
18	Probeta #34 20%(R)	95.18	
19	Probeta #35 20%(R)	54.92	
20	Probeta #36 20%(R)	116.64	
21	Probeta #41 10%(R)	67.61	93.12
22	Probeta #42 10%(R)	61.78	
23	Probeta #43 10%(R)	137.58	
24	Probeta #44 10%(R)	105.5	
25	Probeta #49 5%(R)	88.68	92.56
26	Probeta #50 5%(R)	120.33	
27	Probeta #51 5%(R)	70.75	
28	Probeta #52 5%(R)	90.46	

Tabla 6. Resistencia a compresión de probetas realizadas con agregado grueso (chancado).

Probeta N°	Especificación	Resistencia Proyección 28 días [kg/cm ²]	Promedio Resistencia [kg/cm ²]
1	Probeta #5 100%(C)	220.46	224.39
2	Probeta #6 100%(C)	219.72	
3	Probeta #7 100%(C)	226.7	
4	Probeta #8 100%(C)	230.68	
5	Probeta #13 80%(C)	222.96	223.86
6	Probeta #14 80%(C)	222.14	
7	Probeta #15 80%(C)	219.55	
8	Probeta #16 80%(C)	230.8	
9	Probeta #21 60%(C)	195.06	199.17
10	Probeta #22 60%(C)	197.56	
11	Probeta #23 60%(C)	210.79	
12	Probeta #24 60%(C)	193.28	
13	Probeta #29 40%(C)	172.88	198.87
14	Probeta #30 40%(C)	204.26	
15	Probeta #31 40%(C)	198.43	
16	Probeta #32 40%(C)	219.89	
17	Probeta #37 20%(C)	115.02	113.62
18	Probeta #38 20%(C)	123.33	
19	Probeta #39 20%(C)	94.83	
20	Probeta #40 20%(C)	121.31	
21	Probeta #45 10%(C)	104.06	93.38
22	Probeta #46 10%(C)	84.91	
23	Probeta #47 10%(C)	117.91	
24	Probeta #48 10%(C)	66.63	
25	Probeta #53 5%(C)	83.49	91.89
26	Probeta #54 5%(C)	120.27	
27	Probeta #55 5%(C)	77.3	
28	Probeta #56 5%(C)	86.48	

Tabla 7. Peso específico de probetas con agregado grueso (Canto rodado).

Probeta N°	Especificación	Peso probeta antes de rotura [kg]	Promedio peso [kg]	Peso específico [kg/m³]	γ [%] en relación a probeta patrón	Reducción γ [%]
1	Probeta #1 100%(R)	13.07	13.05	2461.36	100	0
2	Probeta #2 100%(R)	13.05				
3	Probeta #3 100%(R)	13.1				
4	Probeta #4 100%(R)	12.99				
5	Probeta #9 80%(R)	12.9	12.96	2443.68	99.28	0.72
6	Probeta #10 80%(R)	12.92				
7	Probeta #11 80%(R)	13.12				
8	Probeta #12 80%(R)	12.89				
9	Probeta #17 60%(R)	12.89	12.91	2435.9	98.97	1.03
10	Probeta #18 60%(R)	12.94				
11	Probeta #19 60%(R)	12.95				
12	Probeta #20 60%(R)	12.88				
13	Probeta #25 40%(R)	12.55	12.56	2368.46	96.23	3.77
14	Probeta #26 40%(R)	12.67				
15	Probeta #27 40%(R)	12.55				
16	Probeta #28 40%(R)	12.47				
17	Probeta #33 20%(R)	11.34	11.24	2120.65	86.16	13.84
18	Probeta #34 20%(R)	11.34				
19	Probeta #35 20%(R)	10.94				
20	Probeta #36 20%(R)	11.36				
21	Probeta #41 10%(R)	11.29	11.23	2118.76	86.08	13.92
22	Probeta #42 10%(R)	11.16				
23	Probeta #43 10%(R)	11.19				
24	Probeta #44 10%(R)	11.3				
25	Probeta #49 5%(R)	11.23	11.22	2116.41	85.99	14.01
26	Probeta #50 5%(R)	11.15				
27	Probeta #51 5%(R)	11.29				
28	Probeta #52 5%(R)	11.21				

Tabla 8. Peso específico de probetas con agregado grueso (chancado).

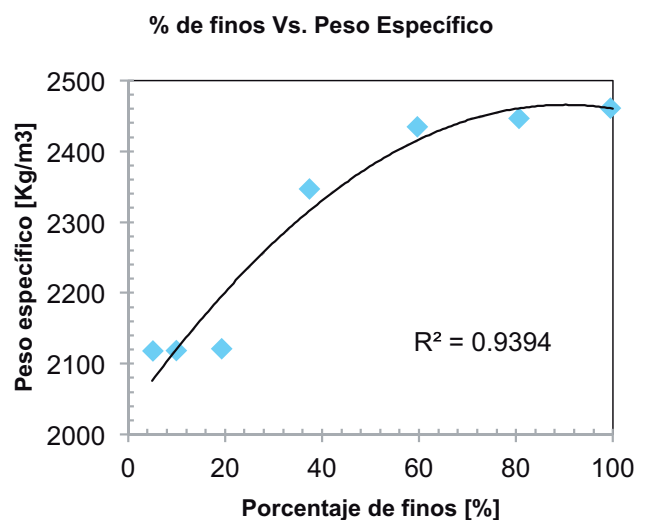
Probeta N°	Especificación	Peso probeta antes de rotura [kg]	Promedio peso [kg]	Peso específico [kg/m ³]	! [%] en relación a probeta patrón	Reducción ! [%]
1	Probeta #5 100%(C)	12.89	12.87	2427.17	100	0
2	Probeta #6 100%(C)	12.9				
3	Probeta #7 100%(C)	12.87				
4	Probeta #8 100%(C)	12.81				
5	Probeta #13 80%(C)	12.87	12.79	2412.55	99.4	0.6
6	Probeta #14 80%(C)	12.86				
7	Probeta #15 80%(C)	12.78				
8	Probeta #16 80%(C)	12.65				
9	Probeta #21 60%(C)	11.99	11.99	2261.65	93.18	6.82
10	Probeta #22 60%(C)	12.04				
11	Probeta #23 60%(C)	12.04				
12	Probeta #24 60%(C)	11.89				
13	Probeta #29 40%(C)	12.09	11.9	2243.73	92.44	7.56
14	Probeta #30 40%(C)	11.82				
15	Probeta #31 40%(C)	11.78				
16	Probeta #32 40%(C)	11.89				
17	Probeta #37 20%(C)	11.5	11.54	2177.24	89.7	10.3
18	Probeta #38 20%(C)	11.62				
19	Probeta #39 20%(C)	11.52				
20	Probeta #40 20%(C)	11.53				
21	Probeta #45 10%(C)	10.78	10.64	2007.47	82.71	17.29
22	Probeta #46 10%(C)	10.37				
23	Probeta #47 10%(C)	10.8				
24	Probeta #48 10%(C)	10.62				
25	Probeta #53 5%(C)	10.62	10.63	2005.12	82.61	17.39
26	Probeta #54 5%(C)	10.66				
27	Probeta #55 5%(C)	10.53				
8	Probeta #56 5%(C)	10.71				

Determinación de curvas

Para relacionar las variables estudiadas como ser el peso específico y la resistencia a compresión con el porcentaje de finos que posea la mezcla, se realizaron gráficas con los resultados obtenidos, de igual manera se realizó un ajuste de los datos con funciones de 1er y 2do grado, que fueron las que más se ajustaron a nuestros datos alcanzados en laboratorio.

En la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*, se observa que el peso específico en relación al porcentaje de finos que contenga la mezcla varía parabólicamente con una correlación de 0.93.

Figura 1. Influencia del porcentaje de finos en el peso específico de las muestras (canto rodado).

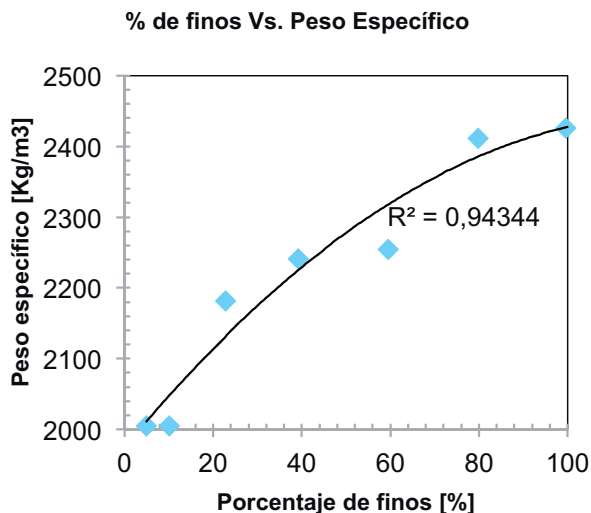


Se observa que en el rango de 5-20% de existencia de agregado fino el peso específico permanece aproximadamente constante. De igual manera se observa que para un porcentaje de finos entre 20-60%, se tiene un incremento del peso específico.

En el rango de 5-20% se presentan los valores de menor peso específico, esto puede indicar que las muestras presentan mayor porosidad en su estructura, mientras que entre 60-100% de contenido de agregado fino en la mezcla, este puede ocupar los vacíos y exponer mayor peso específico.

En la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*, se muestra la relación entre el porcentaje de finos existente en la mezcla y su peso específico con agregado grueso tipo chancado.

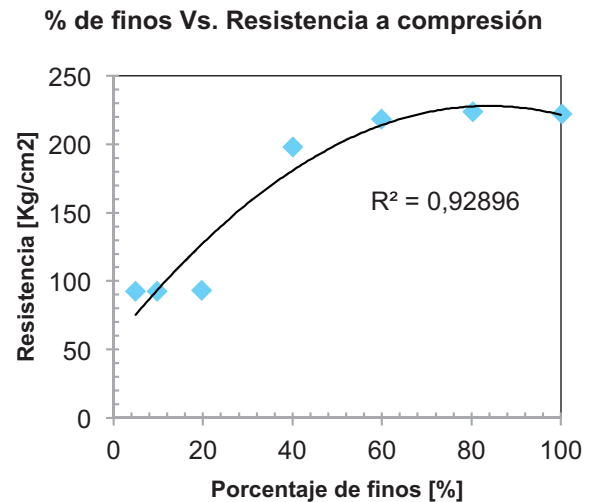
Figura 2. Influencia del porcentaje de finos en el peso específico de las muestras (material chancado).



Se puede notar que el peso específico de la mezcla incrementa apreciablemente en todo el rango de contenido de porcentaje de finos en la mezcla. En donde se adquiere el menor peso específico cuando el contenido de finos es mínimo y el máximo cuando el porcentaje de finos es al 100%.

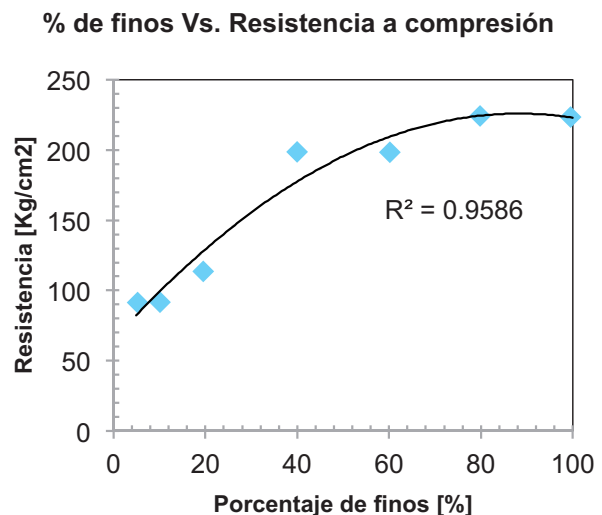
Cuando el contenido de agregado fino en la mezcla es el mínimo en un rango de 5-10% hasta un 20% la resistencia a compresión permanece casi constante, mientras que en el rango de 20-60% la resistencia a compresión aumenta sustancialmente.

Figura 3. Influencia del porcentaje de agregado fino en la resistencia a compresión (canto rodado).



Se observa que es una gráfica parabólica, con correlación de 0.93 porque es la función que más se ajusta a la gráfica, pero los valores se comportan prácticamente de manera lineal.

Figura 4. Influencia del porcentaje de agregado fino en la resistencia a compresión (chancado).



A partir de los resultados mostrados anteriormente se muestra la relación que existe entre la resistencia a compresión y el peso específico de las muestras.

Figura 5. Curva peso específico vs resistencia a compresión (canto rodado).

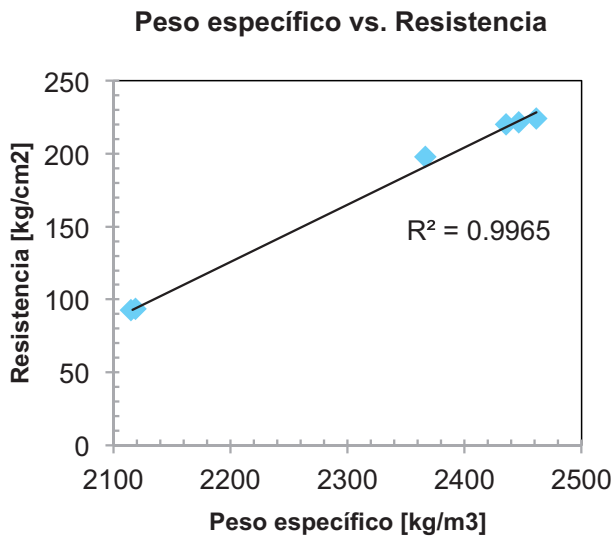


Figura 7. Relación entre el contenido de agregado fino y la resistencia para 2 tipos de agregado grueso.

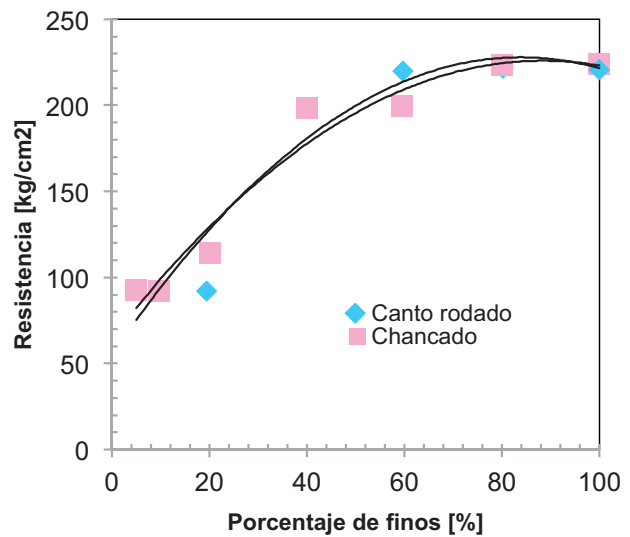


Figura 6. Curva peso específico vs resistencia a compresión (chancado).

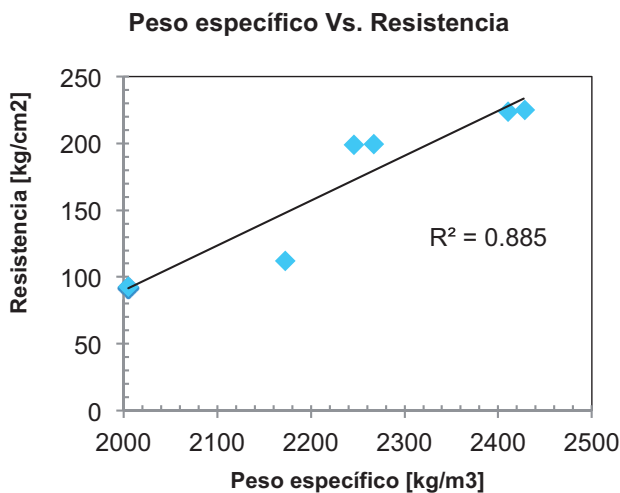
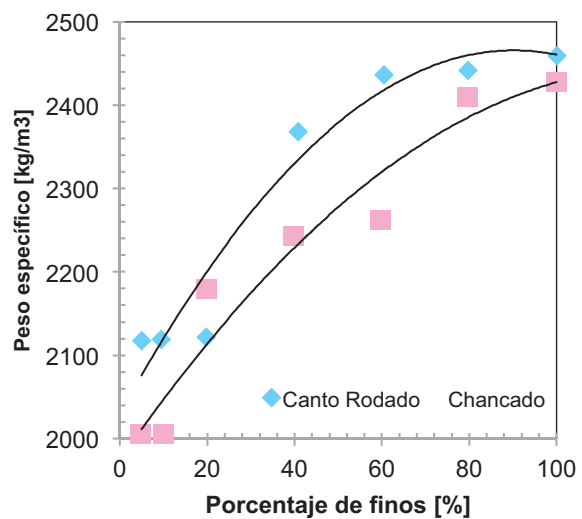


Figura 8. Relación entre el contenido de agregado fino y el peso específico para 2 tipos de agregado grueso.



Al igual que en el caso de las probetas ensayadas con agregado grueso tipo canto rodado, se observa una gráfica lineal que relaciona el peso específico de las muestras con la resistencia a compresión cuando se dosifica con agregado grueso proveniente de chancadora donde los datos se encuentran más dispersos, obteniendo una correlación de 0.88.

En la Figura 8, se muestra una comparación de la influencia de la forma del agregado (canto rodado/chancado) con respecto al peso específico de las muestras para los diferentes porcentajes de agregado fino contenido en la mezcla.

DISCUSIÓN

Análisis de resultados de variables en estudio

Se puede observar que cuando se reduce el agregado fino a un hormigón dosificado de manera convencional incluyendo los parámetros de un hormigón cavernoso, ya sea en el cumplimiento de ciertas relaciones como ser la relación Agua/Cemento, el tamaño máximo de sus partículas, como en su forma de mezclado y vaciado, la resistencia disminuye en función a la cantidad de agregado fino que posea la mezcla, si esta cantidad se reduce entonces la resistencia en el hormigón de igual manera disminuirá su valor.

Uno de los factores que influyen en el incremento de la resistencia a compresión mientras se aumenta el porcentaje de agregado fino contenido en la mezcla es la compactación, cuando hay más agregado fino que trabaja conjuntamente con la pasta de cemento existe mayor superficie específica produciendo una mayor adherencia y un mejor ordenamiento de las partículas. Por tanto, a mayor compactación se produce una mayor resistencia a compresión.

La resistencia del hormigón está influida por el volumen de vacíos dentro de este, al aumentar la compactación disminuye la relación de vacíos. Lo mismo ocurre con el peso específico del hormigón estudiado. Mientras se reduce la cantidad de agregado fino que posea la dosificación de la mezcla dicho peso reducirá en valor. Provocando así que el hormigón sea más liviano.

También podemos observar cuando las probetas son dosificadas con agregado grueso de canto rodado, las resistencias promedio en la mayoría de los porcentajes de agregado fino que posee la mezcla son menores que las resistencias a compresión de probetas realizadas con agregado grueso chancado.

Se puede observar que los resultados de peso específico de las probetas realizadas con agregado grueso chancado que son más livianas

que las probetas practicadas con agregado grueso de canto rodado. Podemos decir que la forma del agregado grueso con el que se dosifica tiene gran influencia a la hora de adquirir resultados, de igual manera tiene bastante importancia la caracterización de los agregados.

Se puede observar que cuando el hormigón tiene un 10% de agregado fino en la mezcla este reduce en peso un 13,92% con relación a la dosificación patrón, mientras que cuando la mezcla posee un 5% de agregado fino la reducción del peso específico es aún menor, alcanzando un valor de 14,01% comparado con la mezcla patrón, por lo que se puede deducir que entre el 5-10% de contenido de agregado fino no existe una disminución significativa del peso. Estos resultados presentados son para hormigones con agregado grueso de canto rodado.

En lo que respecta al hormigón cavernoso con tipo de agregado grueso chancado, para una mezcla con contenido de 10% de agregado fino, la reducción del peso específico es de 17,29% con respecto a la patrón, y cuando el contenido de agregado fino en la mezcla es de 5% la disminución de peso específico del hormigón es de 17,39%.

Por otra parte, la resistencia a compresión disminuye considerablemente al disminuir el contenido de agregado fino en el hormigón cavernoso. Los valores de resistencia a compresión del hormigón dosificado con agregado grueso canto rodado, para un hormigón con 10% de agregado fino contenido en la mezcla la resistencia promedio es de 93,12 kg/cm² y para un contenido de 5% de agregado fino la resistencia es de 92,56 kg/cm², entrando en el rango establecido en la hipótesis planteada de 15-140 kg/cm².

Por otro lado, se puede observar las resistencias para un hormigón con 10% de contenido de agregado fino nos presenta un valor de 93,39 kg/cm² y para un hormigón con 5% de agregado fino en la mezcla nos muestra un valor de 91,89 kg/cm².

Entre 5-10% de contenido de agregado fino la diferencia del peso específico ya sea de un hormigón dosificado con agregado grueso canto rodado o chancado es insignificante por lo que resulta mejor un hormigón cavernoso con 10% de contenido de agregado fino ya que reduce bastante el peso específico y la resistencia a compresión es un poco mayor.

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el trabajo de laboratorio y definidas las propiedades físicas y mecánicas del hormigón cavernoso, se puede concluir que:

Desde el punto de vista de la resistencia a compresión de la mezcla, el tipo de agregado (canto rodado/chancado) no muestra influencia significativa en la resistencia a compresión de las probetas en el rango total de porcentaje de finos analizado. Aparentemente la forma y textura de la superficie de los agregados ejerce gran influencia en la resistencia del hormigón pero se ve más afectada la resistencia a flexión que la resistencia a compresión.

Experimentalmente se pudo observar que para el rango de interés del presente estudio (5-10% de contenido de agregado fino), con agregado grueso chancado se obtienen probetas más livianas que para una mezcla estudiada en el mismo rango pero dosificada con el tipo de agregado grueso canto rodado.

De lo citado anteriormente se puede concluir que una mezcla con agregado grueso chancado, será más liviana y de resistencia similar en comparación con una mezcla de agregado rodado. Por tanto, el agregado grueso tipo chancado con formas angulares tiene mejor comportamiento que en el hormigón que un agregado grueso de canto rodado.

El hormigón con reducción de agregado fino se convierte en "No estructural", con respecto a la resistencia a la compresión, cuando se le reduce el agregado fino en un 76% ya sea dosificado con los dos tipos de agregado grueso estudiados. Por tanto, el hormigón cavernoso tiene una aplicación con fines no estructurales.

El uso principal del hormigón cavernoso es en

muros que no soportan carga, muros interiores en estructuras porticadas, fabricación de bloques y en contra pisos para losas.

El costo por m³ de hormigón cavernoso con 5% y 10% de contenido de agregado fino reduce un 6% comparado con la dosificación patrón en estudio. Es importante determinar una granulometría apropiada, cuyo tamaño máximo de agregado contemple los rangos de 5-30mm, debido a que tamaños mayores al mencionado son poco aconsejables, porque permite que presente una estructura demasiado porosa.

La forma de mezclado de los componentes de este tipo de hormigones es muy importante, ya que la mezcla puede presentar segregación de materiales ocasionando una mala resistencia, por el exagerado tiempo de mezclado o mala forma de introducción de los componentes a la mezcladora ocasionando que la pasta de cemento se adhiera a las paredes. El tiempo de mezclado luego de introducidos todos los componentes es de 2 a 3 minutos.

El hormigón cavernoso, debido a su porosidad, aporta diferentes propiedades, en relación a otros hormigones, como son: capacidad de drenaje, aislamiento térmico, por lo que podría tener diferentes usos como ser: pavimentos alrededor de árboles y en estacionamientos domésticos de automóviles.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAM M. NEVILLE. (1995). Tecnología del concreto, cuarta edición. Editorial Imcyc. México.
- ALVAREZ DE ZAYAS CARLOS M., SIERRA LOMBARDIA VIRGINIA M. (2001). Metodología de la investigación científica, tercera edición. Bolivia.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. (2005). Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario (ACI 318s-05). USA.
- HUGON. M. SERRE. Técnicas de la construcción. Editores técnicos asociados. Barcelona.
- JACK C. McCORMAC. (2002). Diseño de concreto reforzado", cuarta edición. Editorial AlfaOmega. México.
- JIMENEZ M. PEDRO. (2000). Hormigón Armado, catorceava edición. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.
- JOHNNY ORGAZ F. (1991). Manual de laboratorio de hormigón. Tarija, Bolivia.
- ROLAND STULZ, KIRAN MUKERJI. (1993). Materiales de construcción apropiados.

EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO, A TRAVÉS DEL MÉTODO DE ARRASTRE CON VAPOR A ESCALA LABORATORIO

ESSENTIAL OIL OF OREGANO EXTRACTION BY PULL STEAM METHOD AT LABORATORY SCALE

Ortega Barriga Natalia¹

¹ Investigador Junior, Carrera de Ingeniera Química, Facultad de Ciencias y Tecnología - UAJMS

Dirección para correspondencia: nataliaortegabarriga@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo se realizó la extracción de aceite esencial de orégano por el método de arrastre de vapor, el orégano empleado fue cultivado en la comunidad del Portillo Baisal, del departamento de Tarija con el objeto de determinar el rendimiento y/o contenido de aceite esencial así como también determinar la calidad del mismo en función del contenido de carvacrol y timol.

Se realizó un análisis estadístico del diseño experimental luego de terminadas las extracciones y se concluyó que la variable de mayor incidencia en el proceso de extracción tanto para la variedad Marú y Kaliteri es la masa empleada en la extracción.

La variedad Kaliteri muestra un rendimiento de 3.172 ml/100 gramos de muestra, y la variedad Marú tiene un rendimiento de 1.086 ml/100 gramos de muestra.

La calidad del producto se evaluó en función de su contenido en carvacrol y/o timol.

El contenido de carvacrol y/o timol del aceite esencial extraído de la variedad Marú es de 27.7% y el contenido de carvacrol y/o timol para el aceite

esencial de la variedad Kaliteri es de 20.27%. Lo que significa que la calidad del aceite esencial de la variedad Marú es mayor que la calidad del aceite esencial de la variedad Kaliteri en un 13.38%.

Abstract

In this research the method of steam distillation was used, for the extraction of essential oil of oregano, the oregano was cultivated in the community of the Portillo Baisal, in Tarija in order to determine the performance or content of essential oil and also

to determine the quality according to the content of carvacrol and Thymol.

After the extractions were finished, an statistic analysis was realized, we could see that the variable of greatest incidence was the mass used in the extraction, for the maru and kaliteri variety.

The variety Kaliteri yield is 3,172 ml / 100 grams of oregano, and the variety Marú has a yield of 1,086 ml / 100 grams of oregano.

The quality of the product was evaluated based on their content in carvacrol or Thymol.

The content of carvacrol or Thymol essential oil extracted from the variety Maru is 27.7% and the contents of carvacrol or Thymol to the essential oil of the Kaliteri variety is 20.27%. Which means that the quality of the essential oil of the Maru variety is greater than the quality of the essential oil of the Kaliteri variety in a 13.38%.

Palabras claves

Oregano, Aceite esencial, Arrastre de vapor, Carvacrol, Timol.

Key words

Oregano, Essential oil, steam distillation, Carvacrol, Thymol.

Introducción

El orégano es una hierba aromática, su nombre proviene del griego "ore" que significa montaña y "ganos" que significa alegría.

El orégano no es sólo apreciado por su aroma y las propiedades que hacen de este un aditivo ideal para sazonar los alimentos, además se le atribuyen una serie de propiedades terapéuticas en el tratamiento de trastornos digestivos, faringitis, bronquitis, etc.

El aceite de orégano es reconocido por ser un poderoso anti-inflamatorio, por ayudar a aliviar la congestión, ser un regulante natural de la menstruación (emenagogo), anti-alérgico y por tener potente capacidad anti oxidante, un estudio del Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América, mostró que los aceites esenciales de orégano presentan actividad antimicrobiana frente a Salmonella y Escherichia coli.

Debido a las características señaladas precedentemente es que a nivel mundial se está incursionando tanto en la mejora de técnicas para la extracción de aceite esencial de orégano, como también se están evaluando sus propiedades y posibles usos en diferentes campos como la medicina y la industria de los perfumes entre otros.

En el pasado Bolivia importaba orégano de la hermana República del Perú, en la actualidad se ha convertido en exportador de orégano, siendo por ello reconocido a nivel mundial, nuestro país anualmente exporta alrededor de 130 a 140 t/año de orégano al Brasil.

Dado que se está produciendo orégano en Bolivia y de manera particular en el departamento de Tarija (en las comunidades de Santa Ana la Vieja, Iscayachi, El Portillo Baisal, Sunchuhuayco, La Choza, Rosillas, El Molino, Quebrada Grande y San Blas).

Se propone extraer aceite esencial de orégano, empleando las variedades Marú y Kaliteri por el método de arrastre con vapor para determinar el rendimiento en aceite esencial de cada una de estas variedades y su calidad con el objeto de diversificar y mejorar los ingresos de los productores dándoles alternativas tecnológicas viables para emplear el orégano como materia prima para desarrollar productos que les proporcionen mayores ingresos.

Materiales y métodos

Para la realización de la presente investigación se empleó una cámara de extracción con una capacidad de 500 gramos aproximadamente de materia prima, la misma que contaba con un compartimento integrado a la cámara donde se generaba vapor de agua, dicha cámara estaba conectada a un refrigerante de vidrio que se encargaba de condensar la mezcla vapor de agua y aceite esencial generada en la cámara. También se empleó de material de laboratorio (una balanza analítica de capacidad de 1 a 510 gramos, hornilla, malla de amianto, matraz Erlenmeyer de 250 ml, Termómetro de mercurio, tubos de ensayo, gradillas para tubos de ensayo).

Metodología

La destilación por arrastre de vapor de agua, es un método ampliamente usada en el mundo para la extracción de aceites esenciales de una serie de plantas aromáticas.

La destilación por arrastre de vapor consiste en el paso directo a través de la materia prima de vapor de agua, el mismo que arrastra el aceite esencial, esto gracias a la diferencia en los puntos de ebullición de los componentes de dicho aceite. El vapor una vez que atraviesa la materia prima y arrastra su aceite esencial sale de la cámara de extracción como vapor de agua y aceite esencial razón por la cual debe pasar por una etapa de separación por condensación, el condensado se separa en dos fases líquidas una inferior de agua y una superior de aceite.

Hipótesis

El tiempo de secado al ambiente del orégano y la masa de orégano empleada en la extracción influyen positivamente en el rendimiento de la extracción de aceite esencial de orégano.

Para el desarrollo de la presente investigación se plantea un diseño factorial 2k de dos variables como ser el tiempo de secado al ambiente (2 y 5 días) y la masa de orégano utilizada en la extracción del aceite esencial (500 y 300 gramos) para cada una de las variedades de orégano empleado en la extracción (Marú y Kaliteri); la variable respuesta es la cantidad de aceite esencial extraído.

Para la extracción de aceite esencial de orégano y evaluación de la influencia de los distintos factores se realizó el procedimiento que se describe en el diagrama de flujo 1 para cada una de las variedades de orégano en estudio.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Pesaje de la muestra y carga en el extractor

Para pesar las muestras se utilizó una balanza analítica digital marca Europe que se encuentra en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Se procedió al pesaje de la muestra luego de que el orégano fue despalillado, posteriormente se los llevo a los canastillos y estos a la torre de destilación, se realizaron extracciones con 500 g y 300 g de materia prima.

Determinación del contenido de humedad

Para la determinación de la humedad se empleó el secador infrarrojo SARTORIUS MA 100, el cual cuenta con un juego de platillos de 90 mm de diámetro.

Para la determinación de la humedad se procedió de la siguiente manera:

- Se programó la balanza de humedad para que realizara el secado de orégano a 105 grados Celsius, hasta llegar a peso constante.
- Se pesaron en la balanza 3 gramos de muestra.
- Se inició el proceso.
- Se registró el dato del contenido de humedad toda vez que la balanza concluía con la determinación.

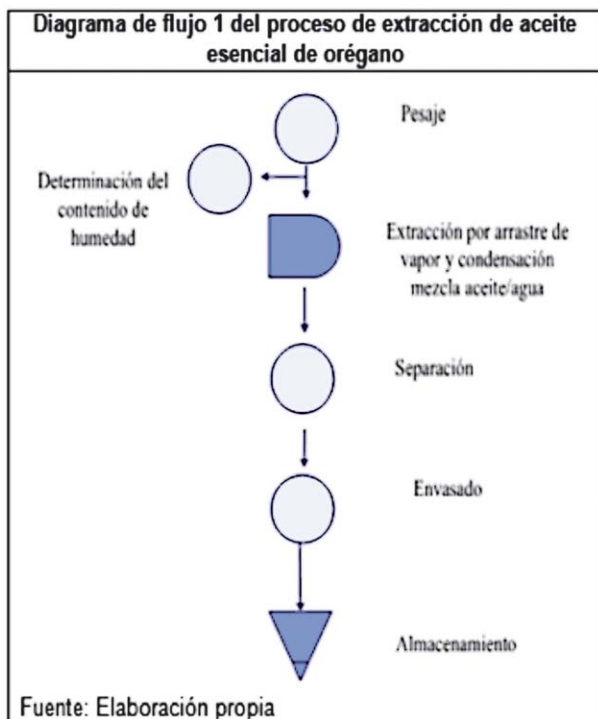
Extracción por arrastre de vapor

Cada extracción se realizó por inyección de vapor en el tanque extractor. Para ello se cargaba la torre con 4500 ml de agua, se colocaban las muestras de orégano, se sellaba la torre buscando cerrado hermético para evitar escape de vapor, se colocaban los termómetros insertándolos en los tapones de goma, previamente agujereados para tal efecto; y se sellaba el orificio de carga de agua con otro tapón de goma, se conectaba la torre al refrigerante y finalmente se sometía a la torre a contacto con calor por medio de una hornilla que trabajaba con gas natural como combustible.

Para el control de la temperatura del agua y del vapor se emplearon dos termómetros de mercurio con escala de 0 a 120 °C.

Condensación

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite.



El refrigerante de vidrio utilizado para condensar la mezcla vapor/aceite durante el desarrollo de la investigación es de tipo serpentín, cuenta con dos mangueras para el paso de agua de refrigeración, el mismo pertenece al laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UAJMS.

Se recibió la mezcla aceite-agua empleando matraces aforados de 250 ml de capacidad.

Para la separación de la mezcla aceite esencial/agua se utilizó una jeringa de plástico de 3 ml.

Envasado

El aceite esencial de orégano se envasó al vacío en tubos de ensayo de vidrio.

Almacenamiento

El almacenamiento del aceite se realizó en tubos de ensayo de vidrio en un lugar fresco y seco además se tuvo que procurar que las muestras no tuviesen contacto con la luz del sol para evitar que el aceite se deteriore de igual manera los tubos de ensayo se sellaron con tapones de goma.

Resultados

Análisis Estadístico Del Diseño Factorial

Para realizar el análisis estadístico del diseño experimental, se utilizó el programa SPSS 17 (Statistical Package for the Social Sciencis) para Windows.

Dicho programa permite un tratamiento integrado de todos los factores que conlleva el análisis de datos, obteniéndose resultados confiables y representativos.

Para la determinación de las variables más significativas se realizaron todas las combinaciones posibles de las variables y las mismas fueron evaluadas con ayuda del SPSS.

La variable respuesta de los datos experimentales fue expresada a través del volumen de aceite esencial obtenido en las distintas experiencias.

El análisis de varianza muestra las variables principales que influyen en el proceso de extracción, en función de la variable respuesta (rendimiento).

Así mismo se observa la influencia de todas las posibles interacciones en el rendimiento y la significancia de los mismos.

En la tabla 1 se muestran los datos con los cuales se realizó el cálculo de análisis de varianza (ANOVA) de un diseño 22 Para la variedad Maru.

Tabla 1. Datos diseño factorial

N° de ensayos	Factores		Respuesta
	Tiempo (T)	Masa (M)	Rendimiento (R)
1	-1.00	-1.00	3.60
Replica	-1.00	-1.00	4.00
2	-1.00	+1.00	4.60
Replica	-1.00	+1.00	4.60
3	+1.00	-1.00	4.00
Replica	+1.00	-1.00	4.20
4	+1.00	+1.00	4.00
Replica	+1.00	+1.00	3.90

Fuente: Elaboración propia

La tabla 2 detalla el análisis de varianza aplicado al diseño experimental de la presente investigación.

Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento de la variedad Maru

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0.724 ^a	3	0.241	9.190	0.029
Intersección	135,301	1	135,301	5154,333	,000
T	,061	1	,061	2,333	,201
M	,211	1	,211	8,048	,047
t * M	,451	1	,451	17,190	,014
Error	,105	4	,026		
Total	136,130	8			
Total corregida	,829	7			
a. R cuadrado = 0.873 (R cuadrado corregida = 0.778)					

Fuente: Propia generada a través del programa SPSS 17.0

Se puede observar que las variables con un nivel de significancia menor a 0.05 influyen lo que implica que son significativas en el proceso de extracción con una confianza del 95%

modelo experimental, y serán las variables utilizadas para realizar el cálculo del modelo matemático que posee el diseño factorial para la variedad Marú.

Razón por la cual se concluye que la variable tiempo no es significativa para el modelo, la variable masa y la interacción masa-tiempo poseen un valor menor a 0,05 por lo que se considera influyen de manera significativa en el

En consecuencia la tabla 3 muestra los coeficientes del modelo matemático que genera el programa SPSS 17.0 con el diseño experimental realizado para la variedad Marú en la presente investigación.

Tabla 3. Coeficientes de regresión para la variable rendimiento

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
	B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
1 (Constante)	4,113	0,064		63,790	0,000	3,947	4,278
Masa	0,162	0,064	0,505	2,521	0,053	-,003	,328
Mt	-0,237	0,064	-0,738	-3,684	0,014	-,403	-,072

a. Variable dependiente: Rendimiento

Fuente: Propia generada a través del programa SPSS 17.0

Rend = 4,113+0,162 Masa-0.237 Mt
El análisis de varianza para la variedad Kaliteri se muestran a continuación, en la tabla IV se puede

observar los datos empleados para el análisis de varianza.

Tabla 4. Datos para el análisis de varianza

N° de ensayos	Factores		Respuesta
	Tiempo (T)	Masa (M)	Rendimiento (ml aceite extraído)
1	-1.00	-1.00	9.40
Replica	-1.00	-1.00	9.80
2	-1.00	+1.00	15.20
Replica	-1.00	+1.00	14.00
3	+1.00	-1.00	10.60
Replica	+1.00	-1.00	10.20
4	+1.00	+1.00	14.80
Replica	+1.00	+1.00	16.20

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 5 detalla el análisis de varianza aplicado al diseño experimental para la variedad Kaliteri

Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento de la variedad Kaliteri

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	52,455 ^a	3	17,485	37,602	0,002
Intersección	1255,005	1	1255,005	2698,935	0,000
T	1,445	1	1,445	3,108	0,153
M	51,005	1	51,005	109,688	0,000
t * M	,005	1	,005	,011	0,922
Error	1,860	4	,465		
Total	1309,320	8			
Total corregida	54,315	7			

a. R cuadrado = ,966 (R cuadrado corregida = ,940)

Fuente: Propia generada a través del programa SPSS 17.0

Se puede observar que las variables con un nivel de significancia menor a 0.05 influyen en la variable respuesta lo que implica que son significativas en el proceso de extracción con una confianza del 95%

Razón por la cual se concluye que la variable tiempo y la interacción masa-tiempo no son significativas para el modelo, la variable masa posee un valor menor a 0,05 por lo que se

considera que influye de manera significativa en el modelo experimental, y será la variable utilizada para realizar el cálculo del modelo matemático que posee el diseño factorial para la variedad Kaliteri. La tabla 6 muestra los coeficientes del modelo matemático que genera el programa SPSS 17.0 con el diseño experimental realizado para la variedad Kaliteri en la presente investigación.

Tabla 6. Coeficientes del modelo matemático

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
	B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
1 (Constante)	12,525	0,287		43,573	0,000	11,786	13,264
Masa	2,525	0,287	0,969	8,784	0,000	1,786	3,264

a. Variable dependiente: Rendimiento

Fuente: Propia generada a través del programa SPSS 17.0

Rend=12,525+2,525 Masa

Análisis Fisicoquímico Del Producto Final

Universidad Mayor de San Simón de la Ciudad de Cochabamba.

El análisis de propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de orégano extraído en la investigación fue realizado en el Centro de Tecnología Agroindustrial perteneciente a la

Para cada una de las variedades de orégano trabajadas (Marú y Kaliteri). Las tablas 7 y 8 muestran los resultados obtenidos.

Tabla 7. Análisis fisicoquímico del aceite esencial de orégano Marú

Datos fisicoquímicos aceite esencial de orégano Marú	
Densidad	0.8912 g/cm ³
Índice de refracción	1.4780
Rotación óptica	-167.20

Fuente: Centro de Tecnología Agroindustrial UMSS, 2013

Tabla 8. Análisis fisicoquímico del aceite esencial de orégano Kaliteri

Datos fisicoquímicos aceite esencial de orégano Kaliteri	
Densidad	0.8950 g/cm ³
Índice de refracción	1.4755
Rotación óptica	-162.70

Fuente: Centro de Tecnología Agroindustrial UMSS, 2013

Figura 2. Muestras de aceite esencial de orégano Marú y Kaliteri



De este análisis se puede inferir que las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de la variedad Marú no difiere en gran proporción a las propiedades presentadas por el aceite esencial de la variedad Kaliteri, por lo que el principal parámetro para su diferenciación es el

color de los aceites esenciales, debido a que el aceite esencial de la variedad Kaliteri posee un color ámbar claro y el aceite de la variedad Marú posee un color amarillo pálido.

Cromatografía De Gases Y

Espectrofotometría de Masas del Producto Final

La cromatografía de gases y espectrofotometría de masas para el aceite esencial obtenido en las dos variedades fueron realizadas en el Centro de Tecnología Agroindustrial perteneciente a la Universidad Mayor San Simón de la Ciudad de Cochabamba, a objeto de realizar la identificación de algunos componentes presentes en dicho aceite esencial.

Las tablas 9 y 10 muestran los resultados obtenidos para la variedad Marú y Kaliteri respectivamente.

Tabla 9. Resultados de la cromatografía de gases y la espectrofotometría de masas para el aceite esencial de la variedad Marú

Componente	Porcentaje %
Carvacrol y/o Timol	27.7
Alpha-Pinene	3.08
5-Isopropil 1-2 methylbicyclo(3.1.0)hexane	16.64
3 ciclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methyletil)	52.59

Fuente: Centro de Tecnología Agroindustrial UMSS, 2013

Tabla 10. Resultados de la cromatografía de gases y la espectrofotometría de masas para el aceite esencial de la variedad Kaliteri

Componente	Porcentaje %
Carvacrol y/o Timol	20.27
Alpha-Pinene	2.52
5-Isopropil 1-2 methylbicyclo(3.1.0)hexane	53.13
3 ciclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methyletil)	24.08

Fuente: Centro de Tecnología Agroindustrial UMSS, 2013

La variedad Marú posee un mayor contenido de carvacrol o timol, difiere del aceite esencial de la variedad Kaliteri en un 7.43%, hecho que además sirve como referente para determinar que la calidad del aceite esencial de la variedad Marú es mayor a la calidad del aceite esencial de la variedad Kaliteri.

Discusión

Peso de muestra empleada

En el proceso de extracción de aceite esencial por arrastre de vapor para la variedad Marú cuando se trabajó con muestras de 500 y 300 gramos se observa que el rendimiento es mayor en un 44.56% cuando se trabaja con muestras de 300 gramos, por cuanto de la superficie de contacto del material está dada por el rechazo de la primera malla que corresponde a un tamaño promedio de 5 mm, similar efecto se presenta cuando se trabaja con muestras de 500 y 300 gramos en la variedad

Kaliteri pues el rendimiento es mayor en 8.95 % cuando se trabaja con muestras de 300 gramos en relación al rendimiento cuando se trabaja con muestras de 500gramos.

Para, concluir debido a lo mencionado con anterioridad se puede señalar que el tiempo requerido para la extracción en muestras de 300 gramos para ambas variedades es mayor al empleado para muestras de 500 gramos por lo tanto el rendimiento para muestras de 300 gramos es mayor al registrado por las muestras de 500 gramos.

Propiedades Físicoquímicas Del Aceite Esencial De Orégano

En la tabla 11 se comparan algunas de las propiedades físicoquímicas presentes en el aceite esencial del orégano de las variedades utilizadas en la presente investigación y otras variedades empleadas en otras partes del mundo.

Tabla 11. Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de orégano de distintos lugares

Variedad	Orégano (Lippia Graveolens)(prov. de Salamá)	Orégano (Lippia Graveolens)(prov. de Zapaca)	Orégano Vulgare (Guatemala)	Orégano Marú (Tarija)	Orégano Kaliteri (Tarija)
Densidad (g/cm ³)	0.9076	0.9136	0.9110	0.8912	0.8950
Índice de refracción	1.4314	1.4328		1.4780	
Color	Amarillento	Amarillento	Amarillo claro	Amarillo pálido	Ambar claro

Fuente: *Elaboración propia*

De la tabla XI se puede concluir que las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de la variedad Marú y Kaliteri empleadas en la presente investigación varían en cuanto a su densidad pues es menor que la de aceites esenciales de orégano de otras variedades, del mismo modo poseen un índice de refracción mayor en comparación con otras variedades y para finalizar también presentan una variación sustancial en cuanto a su color.

Rendimiento De La Extracción

El proceso de extracción de aceite esencial de orégano por arrastre de vapor realizado en el laboratorio de Operaciones Unitarias de la carrera de Ingeniería Química dio como resultado un rendimiento promedio para cada una de las variedades producidas en el departamento de Tarija, rendimiento que se encuentra tabulado en la tabla 12l.

Tabla 12. Contenido de aceite esencial de orégano para la variedad Marú y Kaliteri

Variedad	Rendimiento (ml/100g)
Marú	1.086
Kaliteri	3.172

Fuente: *Elaboración propia*

El aceite esencial extraído en experiencias previas en la universidad San Carlos de Guatemala registra un rendimiento de 1.252 ml/100g para orégano vulgare cultivado en la cabecera departamental de Zacapa (220 msnm) y 1.528 ml /100g para orégano vulgare cultivado en Salamá, Baja Verapaz (940msnm).

Por lo tanto, el rendimiento del aceite esencial extraído de la variedad Marú está por debajo del rendimiento logrado en experiencias previas en un 10,1% respecto al aceite esencial del orégano proveniente de la cabecera departamental de Zacapa y en un 30,3% respecto al aceite esencial del orégano cultivado en Salamá, Baja Verapaz, hecho que se puede deber a que se emplean diferentes variedades en el proceso de extracción y además existen diferencias en las condiciones de cultivo de las mismas, por otra parte la variedad

Kaliteri supera el rendimiento registrado en otras experiencias en un 153.3% respecto al aceite esencial del orégano proveniente de la cabecera departamental de Zacapa y en un 107.6% respecto al aceite esencial del orégano cultivado en Salamá, Baja Verapaz, es necesario hacer hincapié en la marcada influencia que ejerce la variedad y las condiciones de cultivo del orégano en su contenido de aceite esencial, además de las condiciones de proceso empleadas.

CALIDAD DEL ACEITE ESENCIAL

La calidad del aceite esencial de orégano es determinada por su contenido en Carvacrol y Timol contenido que se ha estudiado se encuentra grandemente influenciado por la variedad de orégano, altitud del cultivo, época del año e incluso el momento de corte de la planta.

Tabla 13. Contenido de Carvacrol y/o Timol del aceite esencial de orégano de diferentes partes del mundo y la variedad Marú

Componente (%)	Zapaca Origamun Vulgare	Orégano Mexicano Lippia Graveolens	Orégano Griego Origanum vulgare (subespecie Hirtum)	Salamá Baja Verapaz Origamun Vulgare	Tarija Origanum Siriacum (Marú)	Orégano Turco Origanum vulgare (subespecie Gracite)
Carvacrol y/o Timol	44.90	46.1	36.1	27.84	27.7	25
Rendimiento (ml/100g)	1.252	S/D	S/D	1.528	1.086	S/D

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 13 podemos concluir que la calidad del aceite esencial de orégano proveniente de la variedad Marú posee una calidad superior al aceite esencial proveniente del orégano Turco pues supera su contenido de Carvacrol y/o Timol

en 11.08%, más sin embargo el contenido de Carvacrol y/o Timol presentado por la variedad Marú está por debajo del aceite esencial de orégano proveniente de México, Verapaz, Zapaca y del orégano Griego.

Tabla 14. Contenido de Carvacrol y/o Timol del aceite esencial de orégano de diferentes partes del mundo y la variedad Kaliteri

Componente (%)	Zapaca Origamun Vulgare	Orégano Mexicano Lippia Graveolens	Orégano Griego Origanum vulgare (subespecie Hirtum)	Salamá Baja Verapaz Origamun Vulgare	Orégano Turco Origanum vulgare (subespecie Gracite)	Tarija Origanum Kaliteri
Carvacrol y/o Timol	44.90	46.1	36.1	27.84	25	20.27
Rendimiento (ml/100g)	1.252	S/D	S/D	1.528	3.172	S/D

De la tabla 14 se puede concluir que la calidad del aceite esencial de orégano proveniente de la variedad Kaliteri posee una calidad inferior al aceite esencial proveniente del orégano Turco pues este supera su contenido de Carvacrol y/o Timol en 23.3%, del mismo modo el orégano proveniente de

Salamá Baja Verapaz lo supera en un porcentaje de 37.3%, el aceite esencial del orégano griego lo supera en un porcentaje de 78.1%, el aceite esencial del orégano proveniente de México lo supera en un porcentaje de 127.4% y para finalizar el aceite esencial proveniente del orégano de Zapaca lo supera en un porcentaje de 121.5

Agencia Peruana de Cooperación Internacional Comunidad Europea (2007). Asistencia técnica para los planes operativos de producto. Fecha de consulta 5 de agosto de 2012.

Al día Bolivia. (2011, Junio 29). El orégano una alternativa productiva de exportación para los campesinos tarijeños. Al Día Bolivia. [Artículo en Línea]. Fecha de consulta 22 de abril de 2012 de: <http://www.aldiabolivia.com/2011/06/el-oregano-una-alternativa-productiva.html>

Arcila Lozano Cynthia Cristina, Loarca Piña Guadalupe, Salvador Lecona Uribe y González de Mejía Elvira. (2004). El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. Fecha de consulta 19 de julio de 2012 de:

Bibliografía

http://www.alanrevista.org/ediciones/20041/oregano_propiedades_composicion_actividad_biologica.asp

Arizio O. y Curioni A. (2007). Argentina de importar a exportar orégano. Fecha de consulta 22 de mayo de 2013 de:

[http://www.cappama.org.ar/descargas/ArgentinaExportadorOregano_curioni\[1\].pdf](http://www.cappama.org.ar/descargas/ArgentinaExportadorOregano_curioni[1].pdf)

Camacho Catherine. (2010, Mayo 16). El orégano boliviano triunfa en los mercados extranjeros. Fecha de consulta 19 de julio de 2012 de: <http://www.lostiempos.com>

Castillo Méndez Julio, Comercialización de orégano, de Monografías .com. Fecha de consulta 2 de Agosto de 2012 de: <http://www.monografias.com/trabajos57/produccion-oregano/produccion-oregano2.shtml>.

Dan Zekaria. Los aceites esenciales una alternativa a los antimicrobianos. Fecha de consulta 21 de julio de 2012 de: http://www.calier.es/pdf/Microsoft_Word__Aceites_esen_como_promotores.pdf

Dozal Nava Marisela (2010). "Técnica de análisis de aceite esencial de orégano por cromatografía de gases" Reporte de residencia profesional (Ingeniera Química). Instituto Tecnológico de Durango, Departamento de Ingenierías Química y Bioquímica.

Dr. Edwar F. (2012, Enero 25) Aceite de Orégano. Fecha de consulta 22 de Abril de 2012, de: <http://www.oxypowder.net/salud-natural/aceite-oregano.html>

El País. (2011, Julio 4). Tarija exporta orégano al mercado brasileño. Fecha de Consulta 19 de julio de 2012 de: http://www.elpaonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=4419:tarija-exporta-oregano-al-mercado-brasileno&catid=1:local&Itemid=2

FIGMAY S.R.L. Extractor de aceites esenciales por arrastre de vapor. Escala Laboratorio. Fecha de consulta: 10 junio de 2012, de: http://www.figmay.com.ar/pdf/Extractor_de_aceites

[_esenciales_por_arrastre_por_vapor_Escala_Laboratorio.pdf](#)

Fondo Sectorial para la investigación, el desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal. Ficha de Información comercial de productos forestales. Fecha de Consulta de 19 de julio de 2012, de: <http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/fichas-de-informacion-comercial-productos-forestales.pdf>

• Galiano Ramo Alvaro (2010, Abril 20). Timol, Fecha de consulta 15 de Marzo de 2013, de: <http://www.iqb.es/monografia/fichas/ficha115.htm>

Instituto Boliviano de Comercio. (2007, Marzo). Exportemos. Fecha de Consulta 19 de julio de 2012 de:

http://www.ibce.org.bo/publicaciones/exportemos_descarga.asp?id=35

J Juan. (2007, Agosto 07). Extracción por arrastre con Vapor. Fecha de consulta 23 de abril de 2012, de: <http://labquimica.wordpress.com/2007/08/07/extraccion-por-arrastre-con-vapor/>

Martínez M Alejandro. (2001). Aceites Esenciales. Fecha de consulta 21 de julio de 2012 de: <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/esencias2001b.pdf>

Nutrición y Alimentación. El orégano. Fecha de consulta 18 de julio de 2012, de: <http://nutricion.nichese.com/oregano.html>

Olgún Sebastián. (2010, Enero 12). Composición del Orégano. Fecha de consulta 22 de abril de 2012, de: <http://www.plantasparacurar.com/composicion-del-oregano/>

Oregan-CYTO. Aceite De Orégano. Fecha de consulta 21 de julio de 2012 de: <http://www.cyto.mx/pdf/FichaTecnicaOregan.pdf>

Quezada Rodríguez Aldo (2008). "Evaluación del rendimiento de extracción del aceite esencial de orégano (*Lippia Graveolens*) proveniente de dos zonas de distinta altitud, por medio del método de arrastre de vapor a nivel laboratorio" Tesis (Ingeniero Químico). Universidad San Carlos, Facultad de Ingeniería. Guatemala.

Romero Márquez Mónica (2004). "Plantas aromáticas tratado de aromaterapia científica" Fecha de consulta 30 de julio de 2012.

Ruiz Francisco. (2008), Aceites esenciales. Fecha de consulta 30 de julio de 2012 de:
<http://franciscoruiz.blogia.com/2008/020402-aceites>

Sánchez Castellanos Francisco (2006). "Extracción de aceites esenciales" Fecha de consulta 5 de agosto de 2012.

Sandoval Arana Jonathan Iván (1999). Evaluación del rendimiento en la Extracción de Aceite Esencial

de la hoja de Orégano (*Lippia graveolens*), Variando tamaño de muestras y Aplicando los métodos de Arrastre con Vapor e Hidrodestilación a nivel laboratorio. Tesis (Ingeniero Químico). Universidad San Carlos, Facultad de Ingeniería. Guatemala.

Silva Vázquez, Ramón. Centro de Investigación para los Recursos Naturales (CIReNa), El Oregano (*Lippia Berlandieri Schauer*) Una Alternativa Agroindustrial Para Las Zonas Aridas Y Semiáridas De Mexico. Fecha de consulta 21 de julio de 2012 de:
<http://sociedadcientificadeloreganoac.blogspot.com/2012/02/investigacion-del-oregano-1.html>.

EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE HIDRÓLISIS ÁCIDA DE LA PAJA DE TRIGO

EVALUATION OF TREATMENT OF DILUTE ACID HYDROLYSIS OF WHEAT STRAW

López Cartagena Víctor Miguel ¹

¹ Investigador junior, Carrera de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias y Tecnología - UAJMS

Dirección para correspondencia: Víctor Miguel López Cartagena, Avenida Guillermo Beltrán N° 2373, Barrio San Jerónimo, Tarija, Bolivia. Correo electrónico: mickycartagenadf@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es el de evaluar el tratamiento de hidrólisis ácida diluida de la paja de trigo (residuo lignocelulósico), realizada en autoclave, siendo un proceso inmerso en la producción de bioetanol.

Se realizó un pretratamiento mecánico llevando a cabo una molienda en un procesador eléctrico; posteriormente, se tamizó la muestra y se seleccionó el tamaño de partícula de 0.25 mm para la hidrólisis; la hidrólisis se llevó a cabo en autoclave, con una relación líquido-sólido de 10:1; en el diseño experimental se tomó en cuenta tres factores : tiempo (5 min y 10 min), temperatura (125°C y 135°C) y concentración de ácido sulfúrico (1% y 3%); concluida la hidrólisis se filtró y del filtrado (hidrolizado) se determinó la concentración de azúcares reductores mediante el método Fehling-Causse-Bonnans, donde se pudo concluir que la condición más óptima en hidrólisis en autoclave fue de un tiempo de 5 min, concentración de ácido sulfúrico 3% y temperatura 125°C con una concentración de azúcares reductores de 2,89% (30.04g/l).

Palabras clave: paja de trigo-hidrólisis-azúcares reductores.

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the treatment of dilute acid hydrolysis of wheat straw (lignocellulose residue), made in sterilization equipment, being immersed in the bioethanol production process.

Mechanical pretreatment was performed carrying out a grinding electrical processor; subsequently, the sample was sieved and the particle size of 0.25 mm was selected for hydrolysis; the hydrolysis is carried out in sterilization equipment, with a liquid-solid ratio 10: 1; in experimental design took into account three factors: time (5 min and 10 min), temperature (125C and 135C) and concentration of sulfuric acid (1% and 3%); completion of the hydrolysis was filtered and the filtrate (hydrolyzate) the concentration of reducing sugars was determined by Fehling-Causse-Bonnans method, where it was concluded that the optimum condition was autoclaved hydrolysis time of 5 min, concentration 3% sulfuric acid and temperature 125 ° C with a reducing sugar concentration of 2.89% (30.04g / l)

Keywords: wheat straw - hydrolysis -reducing sugars

INTRODUCCIÓN

El mundo encara el agotamiento progresivo de sus recursos energéticos basados mayoritariamente en combustibles no renovables. Al mismo tiempo, el consumo de energía aumenta a ritmos cada vez más crecientes. De otro lado, el consumo global de combustibles genera enormes cantidades de gases contaminantes que son liberados a la atmósfera. Este tipo de contaminación ha causado cambios en el clima del planeta, por lo que se ha convertido en una de las problemáticas que más preocupan a los gobiernos, las ONG's, las comunidades y la opinión pública en general. La única forma de encarar esta problemática es mediante recursos energéticos renovables (Sánchez y Cardona, 2005).

Las emisiones de CO₂ generadas por la producción y uso de biocombustibles son compensadas por la absorción de CO₂ durante el crecimiento de las plantas y de otros materiales vegetales, a partir de los cuales dichos combustibles se producen (Sánchez y Cardona, 2005).

Grandes cantidades de residuos vegetales y agroindustriales son generados y acumulados anualmente en la naturaleza en forma sólida, ocasionando serios problemas de contaminación ambiental y pérdidas de fuentes potenciales de alto valor agregado. Estos problemas traen consigo el aumento del interés de la comunidad científica en encontrar nuevas tecnologías para el aprovechamiento de los mismos en la obtención de productos de alto valor agregado. Dentro de estos residuos (subproductos) se encuentran la paja de trigo (Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable, 2010).

Se han desarrollado muchos tratamientos para hacer los materiales lignocelulósicos más susceptibles a la sacarificación (transformación de un polisacárido en un azúcar más sencillo, entre los cuales se encuentra la hidrólisis ácida (Jiménez et al, 2008).

La hidrólisis de los materiales lignocelulósicos ha sido intensamente investigada y desarrollada en la mayor parte del siglo XX; sin embargo, hasta el presente, diferentes problemas no han sido resueltos completamente.

Según SEDAG, 2014, las zonas productoras de trigo en Tarija son:

-Provincia Méndez: Huacata, Huancairo, Sella, Sella Méndez, Sella Cercado, Tarija Cancha, Tucumillas

-Provincia Cercado: San Pedro Buena Vista, San Pedro de Sola, Rincón de la Victoria, Junacas, Yesera, Micro cuenca del río Santa Ana, San Agustín, Alto España.

- Provincia Arce: Abra de la cruz, Huacanqui, Chalarmarca.

-Provincia Gran Chaco: Yacuiba, Villamontes y en parte en Caraparí.

-Provincia Avilés: Santa Bárbara, Colón Sud, Colón Norte, entre otros.

Según EMAPA, 2014, entre las variedades más cultivadas en la región se encuentran las siguientes: Variedad San Pedro, San Mateo, San Pablo, San Marcos, y la más cultivada la BR-18.

Como se pudo observar, existe una producción considerable de este cereal, lo que hace posible considerar su uso como alternativa de biocombustible a la paja de trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó la hidrólisis química ácida diluida de la muestra paja de trigo variedad BR-18, de la zona Yesera Sud de la provincia Cercado del departamento de Tarija, considerando un diseño factorial de tres factores con dos niveles cada uno.

Cortado

El cortado se hizo de forma manual de 1 a 3 cm de corte de paja aproximadamente preparando la muestra para su posterior molienda.

Pretratamiento

Se llevó a cabo el pretratamiento físico, pulverizado mecánico de reducción a astillas (Sánchez y Cardona, 2005), donde se llevó a molienda la paja cortada (variedad BR-18) en un procesador eléctrico por un tiempo aproximado de 10 min.

Cuadro 1. Pre tratamiento de Materiales lignocelulósicos

N °	METODO	PROCEDIMIENTO /AGENTES	Observaciones	Ejemplo de material	Referencia
PRETRATAMIENTO FISICOS					
1	Pulverización mecánica	Reducción a astillas, trituration y molienda.	Molinos: Vibratorio de bolas (tamaño final: 0,2 - 0,3 mm), de cuchillas o martillo (tamaño final de 3-6 mm)	Residuos de madera y forestales (paja, madera dura) desechos de maíz bagazo de caña, Timothy alfa.	Sun Cheng 2002: Rivers Y Enert 1988; Cadoche y Lopez 1989 Papatheofanoes et al ...,1998, Alvo y Belkacemi 1997.
2	Pirolisis	T> 300°C	Formación de compuestos volátiles y carbón. Residuos de la Pirolisis pueden someterse a hidrolisis suave. (IN H2SO4, T= 79°C, 2,5 h) Para producir 80 85% AR(> 50% de glucosa) puede realizar al vacío a 400°C 1 mm de Hg 20 min (algodón de desecho)	Madera algodón de desecho	Sun Cheng 2002 Kaar et al 1998. Monnuizzaman 1996 De Bari et al.. 2002 Heitz et al 1987. Soderstrom et al 2003 Lynd et al 2002
PRETRATAMIENTO FISICO - QUIMICO					
1	Explosión a vapor	Vapor saturado a 160 – 260°C, P= 0,69 – 4,85 MPa Por varios segundos o minutos, luego descompresión hasta presión atmosférica.	Altas concentraciones de solido, Hidrolisis del 80 – 100% de la hemicelulosa, destrucción de inhibidores se requiere posterior lavado con agua. Al combinarse con H2SO4 o SO2 o CO2 mejora la eficiencia de la posterior hidrolisis enzimática, disminuyendo inhibidores. Reducción de tamaño con menor gasto energético comparado con pulverización. Ocurre cierto despolimerización de la celulosa. La lignina no se solubiliza o lo hace muy poco pero se redistribuye.	Bagazo, madera blanda, paja de arroz, madera de aspen madera de eucalipto	Sun Cheng 2002
2	Agua líquida caliente (LHW)	Agua caliente presurizada T 160 – 230°C 1 – 4,6 min	Concentración de solido <20%Ocurre cierta despolimeración de la celulosa. Hidrolisis de 80 - 100% de la hemicelulosa.>50% oligomeros . Solubilizarían parcial de la lignina (20-50%) Conversión durante la hidrolisis de celulosa>90%. Bajo o nula formación de inhibidores.	Bagazo de caña	Lynd 1996, Laser et al 2002, Lynd et al 200
3	Explosión de fibra con amoníaco (AFEX)	Dosis de 1 – 2Kg de amoníaco/kg de biomasa seca 90 C 30 min.	Se requiere recuperación de amoníaco no produce inhibidores . Conversión de hidrolisis de celulosa >90%(bagazo de hierba de Bermuda) . Para biomas con alto contenido de lignina. No es muy eficiente (conversión <50%) Ocurre cierta despolimerización de la celulosa Hidrolisis del 60% de la hemicelulosa en dependencia de la humedad mas del 90% oligomeros. Ocurre cierta solubilidad de la lignina (-10 -20%).	Materiales herbáceos (paja de trigo y cebada cascarilla de arroz , desechos de maíz switgersass), residuos solido urbanos papel periódico alfalfa, astillas de aspen y bagazo.	Sun Cheng 2002, Dale et al 1996, Lynd et al 2002
4	Explosión con CO2	Dosis de de ukg /kg de fibra p=5,62 MPa	Conversión a glucosa durante la hidrolisis de celulosa>75% (alfalfa) No forma compuestos inhibitorios.	Alfalfa papel reciclado bagazo de caña	Sun Cheng 2002

Fuente: Sánchez y Cardona, 2005

Concluida la molienda se llevó la muestra a tamizar en un tamizador que contiene mallas de acero inoxidable de 5, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.063 mm de diámetro y de un plato receptor de muestra; se tamizó por espacio de 15 minutos. Se utilizó para la hidrólisis menor a 1 mm (Fonseca, et al, 2006), optando por el tamaño de 0.25 mm.

Hidrólisis

Se realizaron pruebas preliminares con el propósito de fijar variables para el diseño factorial del presente proyecto.

Se tomó en cuenta la relación líquido-sólido trabajando con una relación de 30:1 y 10:1, así como también temperaturas de 125°C y 135°C debido que se encuentran dentro del intervalo (120-160°C) (Sánchez y Cardona, 2005), llevando a cabo la hidrólisis en el autoclave que según las especificaciones del equipo tiene un límite de temperatura máxima de 139 °C, lo que explica la selección de las temperaturas de trabajo anteriormente citadas y a concentraciones de 1%, 3% y 6%, y tiempos de reacción de 5, 10, 15, 30, 60 min..

Una vez fijadas las variables, se pesó la cantidad de 7 g de muestra de paja de con 70 ml del ácido, se empaquetó los matraces Erlenmeyer de

manera correcta antes de llevar a cabo la reacción en el autoclave.

Filtración

Posteriormente, culminada la fase de hidrólisis, se procede a filtrar con una bomba de vacío modelo a una presión de vacío de 40 kPa por un tiempo aproximado de 20 minutos y el residuo se enjuaga con agua destilada para remover posibles azúcares que se hayan quedado en él.

Se toma una pequeña muestra del hidrolizado y se procede a medir los °Brix en un refractómetro, luego a los hidrolizados se le hará la determinación de azúcares reductores.

Determinación de azúcares reductores

La determinación de azúcares reductores se hizo mediante el método de Fehling-Causse-Bonnans, o método de reducción del cobre, que consiste en la oxidación de los azúcares, reduciendo el Cu+2 presente en el licor de Fehling a Cu+1, seguido de una titulación con KMnO4 en un medio ácido.

RESULTADOS

Análisis proximal

En la tabla 1 se muestra los resultados del análisis proximal de la materia prima.

Tabla 1. Análisis Proximal

COMPONENTE	COMPOSICIÓN (%)
Cenizas	5.87
Fibra	34.84
Materia Grasa	0.47
Hidratos de carbono	51.68
Humedad	5.70
Proteína total (Nx6.25)	1.44

Fuente: Elaboración propia

Análisis Granulométrico

En la tabla 2 se muestra el análisis granulométrico,

importante para la selección del tamaño de partícula adecuado para la hidrólisis

Tabla 2. Análisis Granulométrico

MALLA	MASA (g)	PORCENTAJE (%)
Rechazo 0,063mm	1,7	1,12
Rechazo 0,25mm	30,6	20,18
Rechazo 0,5mm	23,9	15,76
Rechazo 1 mm	19,52	12,87
Rechazo 2 mm	73,9	48,73
Rechazo 4 mm	0,35	0,23
Rechazo 5 mm	1,68	1,11
TOTAL	151,65	100,00

Fuente: Elaboración propia

Según Fonseca et al, 2006, el tamaño de muestra para residuos lignocelulósicos a usar en la hidrólisis debe ser menor a 1mm; se puede observar una mínima cantidad del último tamiz (1,12%) y que el de 0.5 mm (15.76%) es menor en porcentaje comparando con el tamaño de 0.25

mm (20.18%), el cual este último se tomó en cuenta para la hidrólisis.

Análisis de los hidrolizados de paja de trigo

En la tabla 3 se tienen los datos de la medición de los grados Brix y pH de las hidrolizados.

Tabla 3. pH y °Brix de los Hidrolizados de paja de trigo

Muestra	c(%)	T(°C)	t(min)	°Brix	pH
1	1	125	5	4,3	1,05
2	3	125	5	7,5	0,53
3	1	135	5	4,4	0,86
4	1	125	10	4,4	0,9
5	3	135	10	6,4	0,55
6	1	135	10	4,5	1,01
7	3	125	10	6,6	0,69
8	3	135	5	6,1	0,47
9	1	125	5	4,3	1,01
10	3	125	5	7,2	0,54
11	1	135	5	4,2	0,85
12	1	125	10	4,4	0,93
13	3	135	10	6,4	0,58
14	1	135	10	4,7	1,06
15	3	125	10	6,5	0,72
16	3	135	5	6,3	0,48

Fuente: Elaboración propia

Resultados de Azúcares reductores
Tabla 4. Resultados de Azúcares Reductores

Muestra	c (%)	T (°C)	t (min)	Azúcares reductores (%)
1	1	125	5	2,24
2	3	125	5	2,89
3	1	135	5	2,36
4	1	125	10	2,77
5	3	135	10	2,85
6	1	135	10	2,77
7	3	125	10	2,69
8	3	135	5	2,87
9	1	125	5	2,4
10	3	125	5	2,87
11	1	135	5	2,35
12	1	125	10	2,76
13	3	135	10	2,82
14	1	135	10	2,77
15	3	125	10	2,65
16	3	135	5	2,84

Fuente: Elaboración propia

Análisis de Varianza
Tabla 5. Datos para el Análisis de Varianza

N° ensayo	Factores			Variable respuesta
	Concentración (%)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Azúcares reductores (%)
1	-1	-1	-1	2,24
2	1	-1	-1	2,89
3	-1	1	-1	2,77
4	1	1	-1	2,69
5	-1	-1	1	2,36
6	1	-1	1	2,79
7	-1	1	1	2,77
8	1	1	1	2,75
9	-1	-1	-1	2,4
10	1	-1	-1	2,87
11	-1	1	-1	2,76
12	1	1	-1	2,65
13	-1	-1	1	2,35
14	1	-1	1	2,84
15	-1	1	1	2,77
16	1	1	1	2,82

Fuente: Propia a partir del SPSS 18.0

Tabla 6. Análisis de Varianza ANOVA (Porcentaje de azúcares reductores)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,627a	6	,105	32,865	,000
Intersección	114,062	1	114,062	35862,414	,000
Concentración	,221	1	,221	69,453	,000
Tiempo	,096	1	,096	30,215	,000
Temperatura	,002	1	,002	,637	,445
Concentración * Tiempo	,303	1	,303	95,109	,000
Concentración * Temperatura	2,500E-5	1	2,500E-5	,008	,931
Tiempo * Temperatura	,006	1	,006	1,769	,216
Error	,029	9	,003		
Total	114,718	16			
Total corregida	,656	15			

a. R cuadrado = ,956 (R cuadrado corregida = ,927)

Fuente: Propia a partir del SPSS 18.0

Es posible señalar a las variables más significativas con un nivel de confianza del 95%, es decir, variables que poseen una significancia menor al 5% (0,05). La variable temperatura tiene un nivel de significancia mayor al 5% (0.445); por

tanto, queda descartada, así como sus interacciones, lo cual se realiza nuevamente el análisis de varianza con los factores concentración y tiempo.

TABLA 7. Análisis de Varianza ANOVA

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,619a	3	,206	68,264	,000
Intersección	114,062	1	114,062	37706,579	,000
Concentración	,221	1	,221	73,025	,000
Tiempo	,096	1	,096	31,769	,000
Concentración * Tiempo	,303	1	,303	100,000	,000
Error	,036	12	,003		
Total	114,718	16			
Total corregida	,656	15			

a. R cuadrado = ,945 (R cuadrado corregida = ,931)

Fuente: Propia a partir del SPSS 18.0

Se puede verificar que al 95% del nivel de confianza, las variables tiempo y concentración, así como sus interacciones sí son significativas.

Tabla 8. Coeficientes

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	2,670	,014		194,182	,000
Concentración	,117	,014	,580	8,545	,000
Tiempo	,077	,014	,383	5,636	,000
Conctiempo	-,137	,014	-,679	-10,000	,000

a. Variable dependiente: Azpc

Fuente: Propia a partir del SPSS 18.0

Por lo tanto, a partir de los coeficientes proporcionados en la Tabla III-14, la ecuación matemática es la siguiente:

$$\% \text{ Azúcares reductores} = 2,670 + 0,117 * c + 0,077 * t - 0,137 * c * t$$

Donde c es la concentración y t es el tiempo; a partir de esta ecuación se puede enunciar que a mayor concentración mayor es el porcentaje de azúcares reductores y de la misma manera a medida que aumenta el tiempo también aumenta el porcentaje de azúcares reductores; no sucede lo mismo con su interacción pues posee un coeficiente negativo.

DISCUSIÓN

Como resultado de los ensayos realizados, se obtuvo que la mayor concentración de azúcares reductores expresado en porcentaje fue de 2.89 % (30.04g/l) a una concentración de ácido sulfúrico 3% en un tiempo de 5 min a una temperatura de 125°C, siendo éstas las mejores condiciones del proceso, lo cual se recomienda realizar ensayos de la hidrólisis ácida manteniendo la cantidad de ácido sulfúrico diluido, aumentando la cantidad de paja de trigo.

Mediante el análisis estadístico con el programa SPSS 18.0 la variable temperatura se descarta al

no influir en gran manera en el proceso; puede explicarse debido a que se trabajó con intervalos de temperatura cercanos entre sí (125 y 135 °C), pero no fue posible trabajar a mayor temperatura por la limitación del equipo donde se llevó a cabo la hidrólisis.

El porcentaje de azúcares reductores en el hidrolizado tuvo un buen rendimiento, tomando en cuenta que se trabajó con intervalos de temperatura más cercanos al límite inferior permitido (120°C), posiblemente se podrá obtener rendimientos más altos de azúcares reductores utilizando mayores temperaturas pero esto no fue posible debido a las limitaciones del autoclave.

Durante la hidrólisis es probable que se haya podido degradar una parte de los azúcares reductores en otros compuestos, principalmente los monosacáridos de la hemicelulosa, lo cual se aconseja llevar a cabo un análisis del hidrolizado si contiene otros compuestos ajenos a los azúcares reductores, compuestos que pueden estar presentes debido a la posible degradación de los azúcares durante la hidrólisis química ácida.

BLIBIOGRAFIA

Abril, A. J. (2010). Etanol a partir de Biomasa Lignocelulósica. [1er Taller Nacional de Etanol Celulósico]. Unión de Investigación-Producción de la Celulosa del Bagazo. La Habana (Cuba).

Álvarez, C. (2009). Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional, en: *Economía Informa*, N° 359, pp 63-65.

Alvear M. R., Castillo C. R., Henao, D. L., Marimón, W., Tejada C. N., Tejada L. P., Villabona, A. (2009). Estudio de la Hidrólisis Ácida de cáscaras de naranja *Citrus Sinensis* para la obtención de Etanol. Memorias de IV Simposio Química Aplicada. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cartagena. Cartagena de las Indias (Colombia).

Angulo, A. E., (2010). Efectividad de Microorganismos nativos en relación a *Aspergillus Niger*, *Clostridium Thermocellum* ATCC 27405 y *Zymomonas Mobilis* para la producción de Bioetanol a partir de Residuos de Sandía "*Citrullus Lanatus*" a Escala Piloto". Tesis. (Licenciada en

Biología). Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Ciencias de la Vida. Sangolquí (Ecuador).

Aroca, G. (2009). Estado del Arte de la Producción de Etanol LC. [Seminario Internacional "Impacto de la Producción de Biocombustibles" 15-17 de Abril, Itajubá, SP, Brasil.]. Universidad Católica de Valparaíso.

Barroso, M. (2010). Pretratamiento de Biomasa Celulósica para la obtención de Etanol en el marco de una Biorrefinería. Tesis. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Madrid (España).

(ENA), Encuesta Nacional Agropecuaria, 2008. Bolivia: Superficie cultivada, producción y rendimiento. pp 67. Disponible en: http://www2.gobernacionlapaz.gob.bo/archivos/Sec_Deptal/SDPD/DID/Estadistica_Deptal/Agropecuario/Resultados_ENA_2008/EncuestaNacionalAgropecuaria2.pdf

Fonseca, E.V., Oviedo, A.M., Vargas, I.H., (2006). Hidrólisis ácida de sustratos residuales

ANALISIS DE INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLIMERO Y MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL

EFFECT OF THE TEMPERATURE COMPACTION ON A CONVENTIONAL MIXTURE AND OTHER MODIFIED BLENDING WITH POLYMER SBS

*Nava Plantarrosa Carla Alejandra*¹

¹ Investigador Junior, Estudiante de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias y Tecnología - UAJMS.

Dirección para correspondencia: Barrio de Villa Fátima - Tarija, Bolivia
Correo Electrónico. carlanavap@gmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió el efecto de la temperatura de compactación que incide en una mezcla convencional y una mezcla modificada con polímero SBS, a través del ensayo de Resistencia a la Deformación Plástica utilizando el aparato Marshall.

Se realizaron mediciones de temperatura de las mezclas asfálticas en diferentes etapas, cuando esta salió de planta, al ser transportada al tramo de pavimentación y cuando esta es extendida en plataforma.

Se evaluó la resistencia en ambos tipos de mezcla asfáltica, cada una compuesta por diferente procedencia de agregado y cemento asfáltico.

Se determinó la estabilidad y flujo Marshall en briquetas elaboradas con mezcla asfáltica convencional y briquetas elaboradas con mezcla modificada con polímero SBS a diferentes temperaturas de compactación.

Finalmente se realizó el mismo procedimiento con valores máximos y mínimos de temperaturas de compactación en ambas mezclas, para observar el comportamiento que sufren estas. Se logró demostrar que la estabilidad Marshall en

una briqueta disminuye notablemente al reducir la temperatura de compactación y a lo contrario el flujo en esta va aumentando al disminuir la temperatura de compactación.

Cabe destacar que con este trabajo de investigación se observó la importancia de la temperatura en cada etapa de la mezcla asfáltica hasta su colocado en plataforma, por lo que se debe hacer un estudio de cerca en cada obra vial de pavimentación, en lo que respecta a temperaturas para lograr una larga vida útil de la mezcla asfáltica.

ABSTRACT

In this research the effect of the temperature compaction on a conventional mixture and other modified blending with polymer SBS, was studied through the test of Strength Plastic Deformation, using the Marshall apparatus.

Measurements of temperature on the asphaltic mixtures were made at different stages, when this came out of plant, to be transported to the stretch of pavement and when it is issued in platform.

The resistance was evaluated in both types of asphalt mixture, each consisting of different origin of aggregate and asphalt cement.

It was proved that the Marshall stability in a coal briquettes decreases significantly by reducing the temperature of compaction and otherwise the flow in this was increasing as the temperature of compaction decreases.

Finally, the same procedure was carried out with maximum and minimum values of the temperature of compaction in both mixes, in order to see the behavior that suffers from these.

It is very valuable to say that, this paper release the importance of temperature in each stage of the asphalt mixture until its placed in platform, so that a study should be done close-up on each roadway paving, with regard to temperatures in order to obtain a long useful life of the asphalt mixture.

Palabras Clave: Mezcla asfáltica modificada con polímero, mezcla asfáltica convencional, ensayo Marshall, temperatura de compactación.

INTRODUCCION

Es importante analizar la influencia de factores climáticos, como ser, la temperatura en el comportamiento de las mezclas asfálticas sean estas convencionales o modificadas con polímeros, en todo su proceso de producción hasta el momento de colocado en plataforma, de esta manera se conocería los cambios en las propiedades físico-resistentes de la mezcla. Ante esta necesidad de contar con productos que tengan un mejor comportamiento bajo la acción del tránsito vehicular y situaciones climáticas adversas se han desarrollado procesos, fórmulas y técnicas que permiten la fabricación de asfaltos de mayor durabilidad, mediante la adición de polímeros.

La modificación de los asfaltos es una técnica utilizada para el aprovechamiento efectivo en la pavimentación de las vías, esta técnica consiste en la adición de polímeros a los asfaltos convencionales con el fin de mejorar las características reológicas y mecánicas.

La utilización de polímeros en la preparación de mezclas asfálticas se realiza desde hace más de medio siglo en los países con mayor avance tecnológico, desde entonces se ha mostrado el interés en conocer el comportamiento de las

mezclas asfálticas modificadas con polímeros, a través de pruebas de laboratorio.

La historia de la modificación de asfalto no es tan reciente como se podría pensar, en 1843 fueron concedidas patentes para modificar asfalto con polímeros naturales y sintéticos. Con el pasar de los años el uso de polímeros aumentó, especialmente después de la introducción y desarrollo del Programa Estratégico de Investigación de Autopistas (Strategic Highway Research Program SHRP).

En nuestro país se realizan pavimentos utilizando mezclas asfálticas convencionales como también modificadas con polímero en los diferentes proyectos viales específicamente dentro de nuestro departamento.

Con el presente trabajo de investigación se pretende analizar el efecto de la temperatura en mezclas asfálticas convencionales como modificadas con polímero y comparar su comportamiento durante el proceso de mezclado, transporte y colocado de la mezcla.

Los beneficiarios con este trabajo de investigación es que se profundiza el tema de asfaltos utilizados en nuestro medio y se evalúa el comportamiento en el proceso en condiciones locales tanto para mezclas con asfaltos convencionales como modificados con polímeros, será un aporte académico en el campo de la ingeniería vial de interés de estudiantes, docentes y profesionales que tengan relación con el área vial.

JUSTIFICACIÓN

Está plenamente comprobado que los asfaltos convencionales poseen propiedades satisfactorias tanto mecánicas como de adherencia en una amplia gama de aplicaciones y bajo distintas condiciones climáticas y de tránsito. Sin embargo, el creciente incremento de volumen de tránsito, la magnitud de las cargas y la necesidad de optimizar las inversiones, provoca que en algunos casos, las propiedades de los a sfaltos convencionales resulten insuficientes, por ejemplo, con los asfaltos convencionales no es posible eliminar el problema de las deformaciones producidas por el tránsito canalizado, especialmente cuando se deben afrontar condiciones de alta temperatura.

Es necesario conocer los parámetros que caracterizan a la mezcla asfáltica y definir sus límites de fallo, tanto por fatiga, como por fisuración térmica o deformación plástica para conocer el deterioro que se produce en una estructura de pavimento cuando está sometido al paso de cargas y a los agentes climáticos.

Por tanto es importante saber que ensayo debe utilizarse para caracterizar la mezcla y que análisis se debe realizar a partir de los datos obtenidos.

Son tantas variables que intervienen y que hay que controlar, tanto en el proceso de diseño de mezclas como en el proceso de construcción de una carpeta asfáltica que es obligación de los investigadores proporcionar herramientas de fácil manejo para el ingeniero y el constructor, que permitan verificar sobre la marcha, la correcta ejecución de los trabajos de fabricación de mezclas asfálticas y sobre todo de construcción de pavimentos, que garantice en todo momento el cumplimiento de las especificaciones bolivianas vigentes.

Es así que en este trabajo trataremos de demostrar la influencia que tiene la temperatura de compactación mediante una experimentación práctica en laboratorio que arroje como resultados las características de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica como la estabilidad y la fluencia, y así permitan darle una herramienta al ingeniero para controlar la puesta en obra de la mezcla asfáltica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el presente trabajo se utilizó el Método para determinar la Resistencia a la Deformación Plástica de mezclas asfálticas utilizando el aparato Marshall, que consiste en un maquina una maquina básica de compresión Marshall, la cual mide la estabilidad y el flujo de las mezclas de pavimento bituminoso.

La investigación se inició con la medición de temperatura de una mezcla asfáltica modificada con polímero durante las etapas en que la mezcla sale de planta, es transportada al tramo de pavimentación y cuando esta es colocada en plataforma. Una vez obtenidos los rangos de temperatura de cada etapa se realizó el ensayo Marshall a las diferentes temperaturas de

compactación y se obtuvieron los resultados de Estabilidad y Flujo Marshall a temperaturas aún más bajas que las de la norma. El mismo procedimiento se realizó para la mezcla asfáltica convencional.

Para realizar la investigación se utilizó todo el equipo Marshall que consiste en: moldes de compactación, martillo de compactación y la prensa Marshall, además de termómetro laser, de vástago y de vidrio.

Para analizar la confiabilidad de los resultados de estabilidad y fluencia se realizó un análisis estadístico mediante el cálculo de medidas de tendencia central y medidas de dispersión para observar si estos se encontraban dentro de un rango establecido y así de esta manera depurar resultados que estén fuera del rango de resultados.

RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron del ensayo Marshall para las diferentes etapas de la mezcla asfáltica se muestran en tablas como por ejemplo en la Tabla 1. De la etapa: mezcla a la salida de planta, donde se analizaron los valores de Estabilidad y Flujo a diferentes temperaturas de compactación.

Seguidamente se realizó un análisis estadístico para contar solo con resultados que demuestren la confiabilidad del ensayo y así obtener una gráfica donde se pueda observar el comportamiento de la estabilidad y la fluencia a medida que la temperatura de compactación disminuye en cada etapa, como se observa en la Figura 1.

Figura 1. Estabilidad vs. Temperatura de compactación

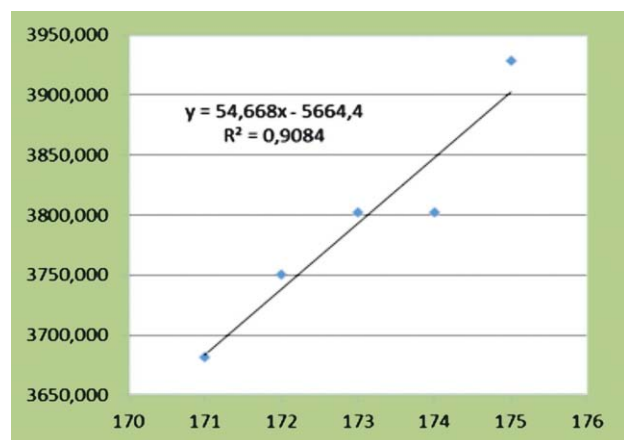


Tabla 1. Ensayo Marshall de mezcla asfáltica convencional en etapa: salida de planta

N° de probeta	Altura de probeta	Del agregado		De la mezcla		Peso Probeta		Vol.		Densidad Probeta			Peso específico máximo de Mezclas Compac. (AASHTO T-209)			Estabilidad y Fluencia mezclas A sfálticas Utilizando Prensa Marshall (AASHTO T-245)			Temperatura de compactación			
		%	%	%	%	Seco	Humedad en agua	Probeta	Densidad real	Densidad promedio	Densidad máxima teórica	% de vacíos	V.A.M (vacíos agregado mineral)	R.B.V. (tracción)	Factor de corrección	Carga real	Carga promedio	Lección del dial	Flujo real	Flujo promedio	Temperatura	Temperatura promedio
		grs.	grs.	grs.	grs.	CC	Grs./cm ³	Grs./cm ³	Grs./cm ³	Grs./cm ³	Grs./cm ³	%	%	%	libras	libras	libras	0,01in			°C	°C
1	6,5	5	5,3	1197	1198	679,2	518,8	2,307						88	4027,676	0,963	3878,652	15,20	0,0060		175	
2	6,4	5	5,3	1198	1197	688,6	508,4	2,356						90	4119,398	0,988	4069,966	16,20	0,0064		175	
3	6,4	5	5,3	1196	1196	686,4	509,6	2,347		2,337	2,407	2,930	7,70	61,95	0,988	3979,344	3975,987	15,80	0,0062	15,73	175	175
4	6,3	5	5,3	1191	1193	674,5	518,5	2,297						85	3890,093	1,013	3940,664	16,40	0,0065		174	
5	6,6	5	5,3	1196	1198	683,8	514,2	2,326						75	3431,483	0,943	3233,889	16,00	0,0063		174	
6	6,7	5	5,3	1196	1197	686,4	510,6	2,342		2,322	2,407	3,537	8,30	57,14	0,923	3802,205	3659,586	16,40	0,0063	16,27	174	174
7	6,7	5	5,3	1193	1196	677,4	518,6	2,300						92	4211,120	0,923	3886,864	16,00	0,0063		174	
8	6,7	5	5,3	1199	1201	686,6	514,4	2,331						88	4027,676	0,923	3717,545	16,50	0,0065		173	
9	6,7	5	5,3	1196	1199	679,8	519,2	2,304		2,312	2,407	3,979	8,70	54,27	0,923	3378,907	3661,106	16,80	0,0066	16,43	173	173
10	6,6	5	5,3	1196	1196	656,2	539,8	2,214						87	3981,815	0,943	3754,852	17,30	0,0068		172	
11	6,5	5	5,3	1197	1198	678,5	519,5	2,304						75	3431,483	0,963	3233,889	16,90	0,0067		172	
12	6,6	5	5,3	1196	1198	683,4	514,6	2,324		2,281	2,407	5,264	9,90	46,83	0,943	3746,160	3578,967	16,20	0,0064	16,80	172	172
13	6,5	5	5,3	1197	1198	654,6	543,4	2,203						85	3890,093	0,963	3746,160	17,00	0,0067		171	
14	6,5	5	5,3	1197	1198	681,8	516,2	2,319						77	3523,205	0,963	3392,846	16,50	0,0065		171	
15	6,4	5	5,3	1196	1197	666,9	530,1	2,256		2,259	2,407	6,153	10,80	43,03	0,988	3616,859	3585,288	17,40	0,0069	16,97	171	171

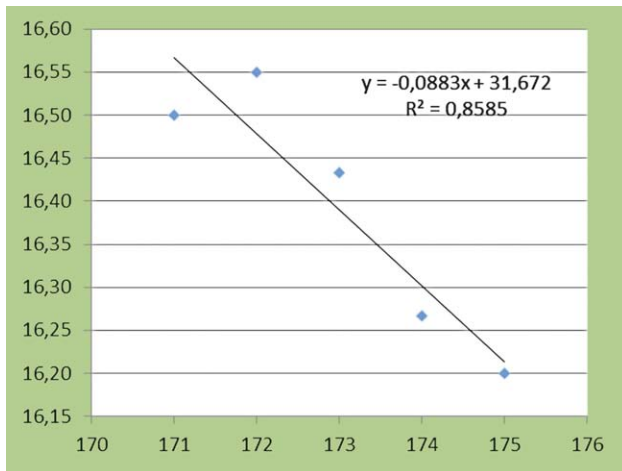
BEYTA

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS METODO MARSHALL
PROYECTO: CONSTRUCCION ASFALTADO CARRETERA CARAPARI - TRAMO CARAPARI - SAN ALBERTO
MATERIAL: AGREGADO CHANCADO LAGUNITA
EMPRESA: SOCIEDAD ACCIDENTAL BE-TA
DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE METODO MARSHALL
PROYECTO: ANALISIS DE INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA Y MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL

Laboratorio Suelos y Materiales	Material: Carpeta Asfáltica	Destino (K.m.):	N° Ensayo: 1
FORM. CA. - 069	Muestra N°: 1	Estructura: Diseño	Fecha: 28/04/2015
	Origen (K.m.):	Pozo (K.m.):	Realizado: Carla Alejandra Nava Plantarrosa

En la Figura 1 se observa como a medida que la temperatura de compactación desciende, la estabilidad Marshall disminuye, esto significa que la capacidad de resistencia a cargas aplicadas a la mezcla va disminuyendo.

Figura 2. Flujo vs. Temperatura de compactación



En la Gráfica 2 se observa completamente lo contrario, cuando la temperatura va disminuyendo la fluencia va aumentando, lo que significa que aumenta la deformación en la mezcla asfáltica.

DISCUSIÓN

Está comprobado que a medida que se reduce la temperatura de compactación la Estabilidad Marshall se reduce también, y por lo contrario el flujo de la mezcla va aumentando. Lo que no se toma en cuenta es la importancia que tiene la temperatura en estos dos factores durante las etapas de elaboración y colocación de la mezcla asfáltica.

Es importante realizar un análisis cuantitativo y cualitativo para observar la incidencia real de la temperatura, ya que de esta dependerá la resistencia y la deformación de la mezcla, por lo tanto la vida útil del pavimento.

Para la etapa de salida de planta, la estabilidad como indicador más importante de la resistencia

tiene una afectación importante a causa de la temperatura, aunque esta etapa es la menos crítica debido al poco tiempo de exposición al ambiente natural, se debe tomar en cuenta esta pérdida ya que existirán en el proceso otra condiciones que reducirán la temperatura en la mezcla.

Para la fluencia en esta etapa tampoco existe un gran cambio en los resultados esto no lo hace menos importante ya que mientras menor sea la fluencia menor será la posibilidad que de deformaciones.

En la etapa de transporte se observa una reducción de temperatura de 180°C a 140°C y se observa como los resultados van disminuyendo. Esta etapa es una de las más importante ya que la mezcla estará expuesta durante mayor tiempo a condiciones ambientales externas, como la lluvia, humedad, viento, etc. Y si la mezcla no tiene una adecuada protección incidirá directamente en la estabilidad.

El efecto de la variación de la temperatura para la fluencia en esta etapa es importante tomar en cuenta para que en la siguiente etapa de colocado y extendido no se produzcan deformaciones.

El proceso de la mezcla concluye en la etapa de colocado en plataforma, que a su vez tiene otras fases que son las de extendido, conformado y compactado, al tener varias fases y que estas requieran de tiempos adecuados y necesarios, la temperatura se convierte en un factor crítico si es que analizamos que la disminución de esta hará que las condiciones de esta etapa sean desfavorables en su estabilidad.

Es importante que las fases sean desarrolladas con la mayor precisión posible desde el momento en que la terminadora recibe en su tolva la mezcla, ya que desde este instante estará expuesta al ambiente natural e influirá aún más si las condiciones climáticas del tramo de pavimentación son de bajas temperaturas.

En cuenta a la fluencia en esta etapa se observa el incremento de los resultados y estos nos alertan a que deben tomarse las precauciones debidas para que la temperatura en la mezcla no baje sustancialmente y es en las fases de conformado y compactado que el acabado de plataforma depende de la temperatura para que no exista complicaciones y se pueda obtener una buena densificación y un buen acabado sin presentarse irregularidades en la superficie del pavimento.

Considerando todo el rango de temperaturas medidas en las diferentes etapas de la mezcla como ser, al salir de la planta, al concluir el transporte y al ser extendida y compactada se obtuvo un rango de 185°C - 140°C, pero para fines investigativos se realizó el ensayo Marshall haciendo bajar aún más la temperatura a 120°C, para observar cuantitativamente la afectación de temperaturas aún más bajas.

Para la fluencia se observó cuanto incrementan los resultados a temperaturas más bajas que las específicas, entonces con esta investigación se pueda observar la incidencia de la temperatura de la mezcla en las propiedades mecánicas de esta y que también las temperaturas deben controlarse

estrictamente para que el pavimento pueda cumplir con su vida útil.

BIBLIOGRAFIA

Administradora Boliviana de Carreteras. Manual de ensayos de suelos y materiales – Asfaltos. Bolivia.
Arenas Lozano H. (2006). Tecnología del Cemento Asfáltico. Editorial Librería del Ingeniero. Colombia.
Bariani, Goretti da Motta, Pereira y Barbosa (2007). Pavimentación Asfáltica Editorial EBEDA. Brasil.
Bisso Fernández R. Los asfaltos, tecnología y aplicaciones típicas. Perú.

Crespo Villalaz (2002). Vías de Comunicación. Editorial Limusa. México.

Gonzales Cáceres V. (2007). Estudio de los asfaltos modificados con polímeros y los convencionales para climas fríos. 5 de octubre de 2014, de <http://www.thesis.dpicuto.edu.bo>

Instituto de asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica. (1985). Tecnología del asfalto y Practicas de Construcción. Edición de la Comisión Permanente del Asfalto de la República Argentina, Buenos Aires.

METODOLOGIA DE DISEÑO PARA TALUDES REFORZADOS CON GEOGRILLAS Y GEOTEXTILES

A DESIGN METHODOLOGY FOR GEOSYNTHETIC REINFORCED WALLS

*Chávez Herbas Daniel*¹

¹ Investigador Junior, Estudiante de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias y Tecnología - UAJMS.

Dirección para correspondencia: danielchavezh@hotmail.com

(Investigación aplicada a La Avenida Sagredo - Barrio German Busch - Tarija)

Resumen

Este trabajo presenta una metodología de diseño para muros reforzados con geosintéticos, definida mediante el estudio del funcionamiento de estructuras ya construidas, pruebas de laboratorio hechas considerando la interacción suelo - geosintético y la experiencia derivada de su observación. El procedimiento necesita la revisión de la estabilidad externa e interna de la estructura generada por el tipo de Geosintético, lo que permite definir la geometría y cantidad necesaria de refuerzo en el muro para su buen funcionamiento ante las condiciones dadas en el sitio.

La metodología está basada en la Norma ASTHOO; y trata de servir de ayuda para realizar las evaluaciones necesarias para el planeación, diseño, funcionamiento y mejoramiento en la aplicación de muros con sistemas de refuerzo usando materiales geosintéticos.

Se presentan los elementos necesarios para los análisis de estabilidad interna y externa, tomando en cuenta las condiciones dadas por el sitio, conocidos los datos de las propiedades de los suelos existentes y calcula los factores de seguridad que permiten que las estructuras sean funcionales.

Una de las ventajas más importantes del sistema de retención con muros mecánicamente estabilizado es su flexibilidad y la capacidad de absorber deformaciones provocadas por las pobres condiciones del subsuelo en la zona de desplante. También, basado en observaciones en zonas de actividad sísmica, estas estructuras han demostrado tener una mayor resistencia a cargas sísmicas, que las estructuras de concreto.

Los aspectos que debemos considerar como primordiales para un diseño correcto en muros mecánicamente estabilizados incluye la selección de la ubicación del refuerzo en el muro y una evaluación local de cada capa de refuerzo, para prevenir fallas.

La forma inicial para el diseño de muros mecánicamente estabilizados está dada por el análisis de estabilidad; por lo que el muro debe estar sometido a una revisión de estabilidad externa e interna (estabilidad de los refuerzos).

La estabilidad externa envuelve globalmente a la masa de suelo reforzado; y el análisis de estabilidad interna consiste en una evaluación de las superficies de deslizamiento existentes dentro de la masa de suelo reforzado.

Un análisis de deformación es otra de las consideraciones posibles en el diseño de muros, puesto que evaluamos un funcionamiento anticipado de la estructura con respecto a los desplazamientos horizontales y verticales. Los análisis de deformación horizontal son complicados y carecen de certidumbre en su realización. En muchos casos, estos análisis son hechos solamente para aproximar o para asumir simplemente que los factores de seguridad usuales ante las fallas de estabilidad externa e interna garanticen que las deformaciones estarán dentro de los límites tolerables. Los análisis de deformación vertical son obtenidos por cálculos convencionales de asentamientos, con un énfasis particular en los asentamientos diferenciales -tanto longitudinalmente, a lo largo de la cara del muro, como transversalmente de la cara del muro- hasta el final del volumen de suelo reforzado.

Por lo tanto, para los cálculos de estabilidad externa, el método actual supone una distribución de presiones de tierra. En los cálculos de estabilidad interna, usando el método de gravedad coherente simplificado. El coeficiente interno de presiones de tierra está en función del tipo de refuerzo, donde el coeficiente mínimo (K_a) es usado para muros construidos con capas de geotextiles y geomallas. Para la estabilidad interna, es considerada la superficie de falla de Rankine; puesto que los Geosintéticos pueden tener elongaciones mayores que las del suelo antes de llegar a la falla.

Palabras Claves: Geosintético, estabilidad, Reforzado, flexibilidad, deformación.

Abstract

This paper presents a design methodology for geosynthetic reinforced walls, defined by studying the operation of already built structures, laboratory tests made geosynthetic soil considering the interaction and experience derived from observation. The process requires the review of external and internal stability of the structure generated by the type of geosynthetic, allowing define the geometry and quantity needed reinforcing in the wall for good performance to the given conditions at the site.

The methodology is based on the Standard ASTHOO; and tries to be helpful for assessments

necessary for the planning, design, operation and improvement in the application of walls with reinforcement systems using geosynthetic.

The necessary elements for the analysis of internal and external stability are presented, taking into account the conditions given by the site, known data on the properties of the existing soil and calculates the safety factors that enable structures are functional.

One of the most important advantages of system with mechanically stabilized retaining walls is their flexibility and the capacity to absorb deformation caused by poor ground conditions in the area of rudeness. Also, based on observations in earthquake zones, these structures have shown increased resistance to seismic loads, concrete structures.

The aspects that we regard as essential for a correct design in mechanically stabilized walls includes selecting the location of the reinforcement in the wall and a local assessment of each reinforcing layer, to prevent failures.

The initial shape to design mechanically stabilized walls is given by the stability analysis; so the wall must be subjected to a review of external and internal (stability of the reinforcements) stability.

External stability globally covers the reinforced soil mass; and internal stability analysis involves an assessment of the existing sliding surfaces within the reinforced soil mass.

An analysis of deformation is another possible consideration in the design of walls, since evaluating a prospective operation of the structure with respect to the horizontal and vertical displacements. Horizontal deformation analyzes are complicated and lack of certainty in their implementation. In many cases, these analyzes are made only to approximate or to simply assume that the usual safety factors to the failures of external and internal stability ensure that the deformations are within tolerable limits. Vertical deformation analyzes are obtained by conventional calculations of settlements, with a particular emphasis on differential settlement-both longitudinally along the wall face, and transversely face wall- until the end of the reinforced soil volume .

Therefore, to calculate external stability, the present method is a ground pressure distribution. In the calculations of internal stability, using the simplified gravity consistent method, the internal earth pressure coefficient depends on the type of reinforcement, where the minimum coefficient (K_a) is used for walls constructed with layers of geogrids and geotextiles. For internal stability, it is considered the Rankine failure surface; since Geosynthetics can be greater than the soil before reaching the fault stretching.

Keywords: Geosynthetic, stability, reinforced, flexibility, deformation.

INTRODUCCIÓN

Desde épocas remotas la construcción de obras cotidianas y de gran porte ha recurrido a la utilización de distintos tipos de materiales naturales para complementar las características resistentes de los suelos a compresión, con elementos que le aporten cierta resistencia a tracción que los mismos carecen (enfaginados, fibras vegetales, cañas, adobe). En las últimas décadas, con el mismo fin, se recurre al uso de materiales artificiales, como ser flejes metálicos, hilados o mallas sintéticas, desarrollados específicamente para uso geotécnico.

Dentro de esta categoría de uso, como elementos de refuerzo de suelos para la construcción de terraplenes sobre suelos blandos, estabilización de taludes y construcción de muros de contención, se incluyen especialmente los materiales Geo sintéticos, entre los que se destacan los geotextiles y las geo mallas (o geo grillas).

Un geotextil es una manta flexible, de poco peso y espesor, constituida por fibras poliméricas (poliéster, polietileno), fabricada por procesos de origen textil (tejidos o no tejidos), de alta resistencia a tracción, al desgarrar y al punzonado. Las geo grillas son estructuras de bandas de polímero de alta tenacidad a la tracción, entrecruzadas uní o bi direccionalmente, conectadas por extrusión, amarre o entrelazado, que forman aberturas de suficiente tamaño que permiten la trabazón con el suelo y los agregados

del terreno con el que interactúan.

Un muro de contención, tradicionalmente, es una obra de hormigón armado que permite salvar desniveles en el terreno, diseñada para resistir el empuje de suelos y sobrecargas en la superficie, dependiendo del tipo y altura efectiva del relleno. Como opción se presenta la posibilidad de diseñar muros de contención en suelo armado o estabilización de taludes, constituidos por capas de material natural como relleno y refuerzos horizontales con geo sintéticos, auto portante por gravedad, estable en sí mismos como macizo y resistente a las acciones externas de empuje, volteo y deslizamiento.

MATERIALES Y METODOS

El principal objetivo del estudio es el de definir las tecnologías de estabilización de taludes, específicamente aquellas que involucran la utilización de geo sintéticos utilizando principios generales y metodologías que demuestren ser más económica, de fácil construcción y totalmente ecológica para la estabilización sin necesidad de entrar en detalle en cada uno de las otras metodologías existentes y que tradicionalmente son usados, pero sobre todo sin perder objetividad.

Para el desarrollo del presente trabajo se ha empleado la siguiente metodología con el fin de dar cumplimiento al objetivo planteado anteriormente:

1) Se ha definido el estado actual del conocimiento sobre la estabilidad de taludes que son empleados en obras de ingeniería y, en especial, orientados a su uso en obras de infraestructura viaria. Se estudiaron los diversos métodos de cálculo empleados los cuales han sido aplicados, pero los más adecuados al uso exclusivo de geotextiles y geogrillas son la estabilización de con muros de suelo reforzado.

Muro de Suelo Reforzado Con Geo -sintéticos

El diseño de un muro de suelo reforzado está dividido en dos partes:

Estabilidad externa

El análisis estabilidad externa consiste en determinar la geometría del bloque de suelo reforzado. Es decir, determinar qué tan grande y pesada debe ser la masa de suelo. En esta etapa se definen las características geométricas de la estructura reforzada como ser la altura y la base del relleno. Se debe comprobar en este análisis: la resistencia al deslizamiento, al vuelco, la capacidad portante y la estabilidad global de la estructura de suelo reforzado siguiendo el mismo procedimiento que se emplea para el cálculo de la estabilidad externa de un muro de gravedad tradicional.

Sin embargo se ha demostrado que la inclusión de un refuerzo altera el estado de esfuerzos y tensiones en una masa de suelo, haciendo que la superficie de falla sea diferente a la de una masa de suelo no reforzada. Para permitir una familiarización con el proceso de diseño que los muros en suelos reforzados requieren, se mencionan a continuación los componentes del proceso de diseño de un muro de contención:

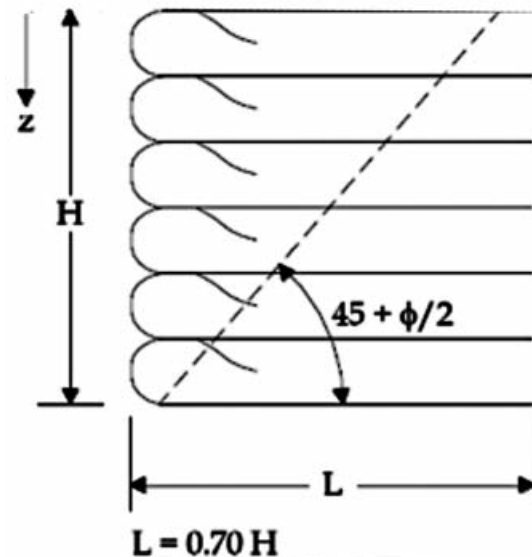
1. Establecimiento de las dimensiones geométricas del muro.
2. Determinación de propiedades del suelo a usar en la construcción del muro.
3. Determinación del perfil estratigráfico y las propiedades geomecánicas del suelo de fundación.
4. Establecimiento de los parámetros de diseño del geotextil o geomalla de refuerzo.
5. Determinación de las condiciones de carga del muro.
6. Determinación de las características del refuerzo necesario para la estabilidad del muro.
7. Verificación de la estabilidad externa del muro.

Establecimiento De Las Dimensiones Geométricas Del Muro.

Para el establecimiento de dimensiones geométricas y condiciones de carga, debe considerarse:

- a) La determinación de la altura máxima del muro H , variaciones de profundidad z y longitud transversal del muro L .
- b) La determinación de la longitud transversal es en función al 70% de la altura ($L=0.7*H$).

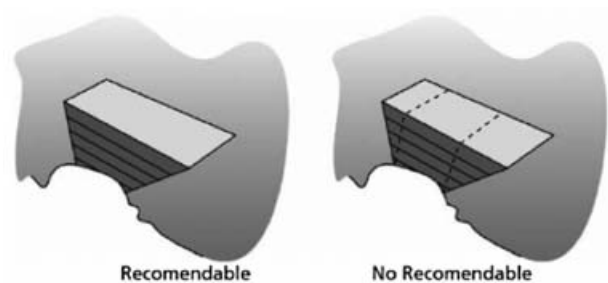
FIGURA 1. Dimensiones geométricas



Fuente Manual de Diseño de PAVCO

El nivel superior servirá como referencia para la construcción de todas las capas en el caso de muros con alturas variables. Se recomienda que el muro tenga continuidad en su sentido longitudinal.

FIGURA 2. Continuidad longitudinal del muro



Fuente: manual de diseño de PAVCO

c) El establecimiento de la inclinación de la cara del muro en relación con la horizontal. Se define 70° como la inclinación mínima para los muros de contención, de lo contrario el caso sería el de un terraplén o en talud.

Determinación de Propiedades del Suelo a Usar en la Construcción del Muro

Normalmente los materiales utilizados en la construcción de muros reforzados son de tendencia granular. Sin embargo en varios casos se han construido muros reforzados con materiales que tienen más del 50% de suelo fino.

El uso de altos porcentajes de suelo fino como material de construcción de muros depende de la tolerancia a la deformación que se permita. También la plasticidad que este suelo presenta juega un papel muy importante pues es un parámetro que indica la facilidad de manipulación que tendrá durante el proceso de compactación necesario en la conformación del terraplén.

Para la determinación de propiedades del suelo a usar en la construcción del muro, se plantea considerar los siguientes aspectos:

- a) Cálculo de la humedad óptima ω_{opt} y el peso específico γ_{max} , datos obtenidos de un ensayo Proctor modificado.
- b) Obtención del ángulo de fricción interna ϕ por medio de los ensayos de corte directo drenados o de triaxiales y el ángulo de fricción entre el suelo y geotextil ϕ_{SG} , que varía entre el 70% y 85% del ángulo de fricción ϕ .
- c) Establecimiento de la cohesión del suelo de relleno c .

Determinación del Perfil Estratigráfico y las Propiedades Geo Mecánicas del Suelo de Fundación

Para la determinación de las propiedades ingenieriles del suelo de fundación debe tenerse en cuenta que:

a) Es muy importante conocer el perfil estratigráfico, propiedades geotécnicas de los suelos de fundación: Peso específico γ , cohesión del suelo c , ángulo de fricción interna ϕ .

b) La altura del nivel freático deberá ser establecida, al igual que las condiciones de presencia de agua.

Establecimiento de los Parámetros de Diseño del Geotextil y Geomalla de Refuerzo.

Par el establecimiento de los parámetros de diseño del geotextil y geomalla de refuerzo, será necesario:

Para el Geotextil:

- a) La determinación de la resistencia de última del geotextil, T_{ult} , que se obtiene del proveedor de Geosintéticos.
- b) El establecimiento del Factor de Reducción Total del geotextil, FR_T , que se determina con la formula (2).

$$FR_T = FR_{DI} \times FR_{CR} \times FR_{DQ} \times FR_{DB} \quad (2)$$

- a) La determinación de la Resistencia Admisible T_{adm} del geotextil o geomalla, con la formula (1).

$$T_{adm} = \frac{T_{ult}}{FR_T} \quad (1)$$

- b) El cálculo de la Adhesión del Muro de Geotextil al suelo, c_a , que es entre el 70% a 80% de la cohesión.
- c) Ángulo de fricción entre el suelo de fundación y geotextil ϕ_{SG} .
- d) El establecimiento de la Orientación del geotextil.

Para la Geomalla:

- a) La determinación de la resistencia última de la geomalla, T_{ult} .
- b) EL establecimiento del Factor de Reducción Total de la geomalla, FR_T , que se determina con la fórmula (1).

$$FR_T = FR_{DI} \times FR_{CR} \times FR_{DQ} \times FR_{DB} \quad (2)$$

c) La determinación de la Resistencia Admisible T_{adm} del geotextil o geomalla, se realiza con la fórmula (1).

$$T_{adm} = \frac{T_{ult}}{FR_T} \quad (1)$$

d) El coeficiente de interacción de la geomalla con el suelo C_i .

$$C_i = \frac{P_f}{2 \times L_i \times \sigma_n \times \tan \phi} \quad (4)$$

Donde:

P_f : Fuerza de Pullout requerida.

L_i : Longitud de geomalla incrustada en el Aparato de Pruebas de Pullout.

σ_n : Presion Normal

ϕ : Ángulo de fricción interna del suelo

Este valor se determina con el Ensayo de Pullout en laboratorio, en el que interactúa la geomalla con un tipo de suelo cualquiera. El cuadro siguiente, señala valores de C_i en función del angulo de fricción interna ϕ , con base en dichos ensayos. Estos valores son:

Tabla 1: Valores recomendados del Coeficiente de Interacción C_i

Tipo de Suelo	ϕ	C_i
Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena (GW) Gravas limosas, mezclas de grava-arena-arcilla mal graduadas (GM)	$\geq 34^\circ$	0,80
Arenas bien graduadas, arenas con grava (SW) Arenas limosas, mezcla de arena-limo mal graduadas (SM)	$\geq 30^\circ$	0,75
Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcilla (SC) Limos Inorgánicos y limos arcillosos (ML)	$\geq 28^\circ$	0,58

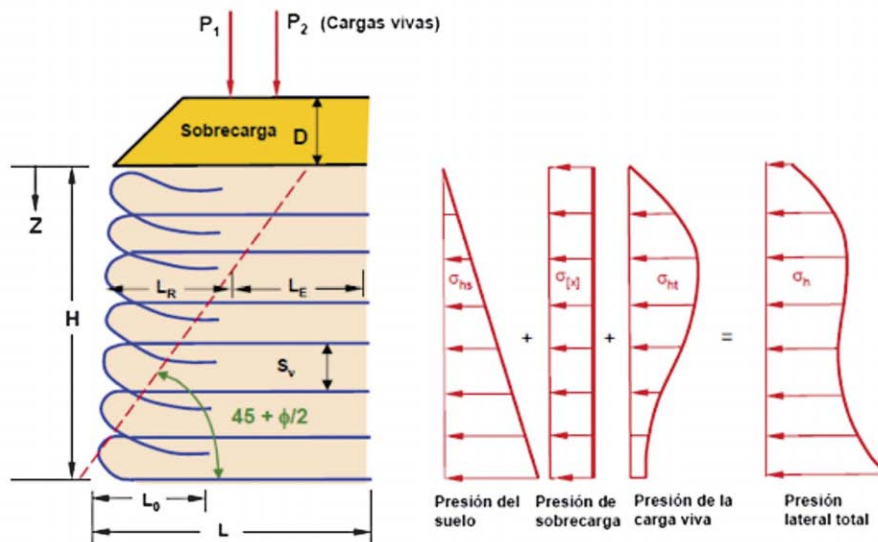
Fuente: Design Guidelines for Mesa Retaining Wall Systems.

Determinación De Las Condiciones De Carga Del Muro.

La evaluación de las cargas externas y su

ubicación, están en función de la profundidad considerada z y del coeficiente de presión activa K_A , también conocida como el coeficiente de empuje activo.

FIGURA 3 Cargas externas que afectan al Muro con Geotextil



Fuente: Manual de Diseño de PAVCO

Dónde:

$$K_A = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (5)$$

H: Altura del Relleno de refuerzo
z: Profundidad desde la superficie hasta la capa.

L: Longitud Transversal del muro.

ϕ : Ángulo de fricción interna.

P_1, P_2 : Cargas vivas.

q: Sobrecarga.

σ_{hs} : Presión lateral debido al suelo.

σ_{hq} : Presión lateral debido a la sobrecarga.

σ_{hL} : Presión lateral debido a la carga viva.

b) La determinación de la presión lateral del suelo, σ_{hs} .

$$\sigma_{hs} = K_a \times \gamma \times z \quad (6)$$

Dónde:

γ : Peso específico del suelo de relleno.

c) El Cálculo de la Sobrecarga uniforme, σ_{hq} .

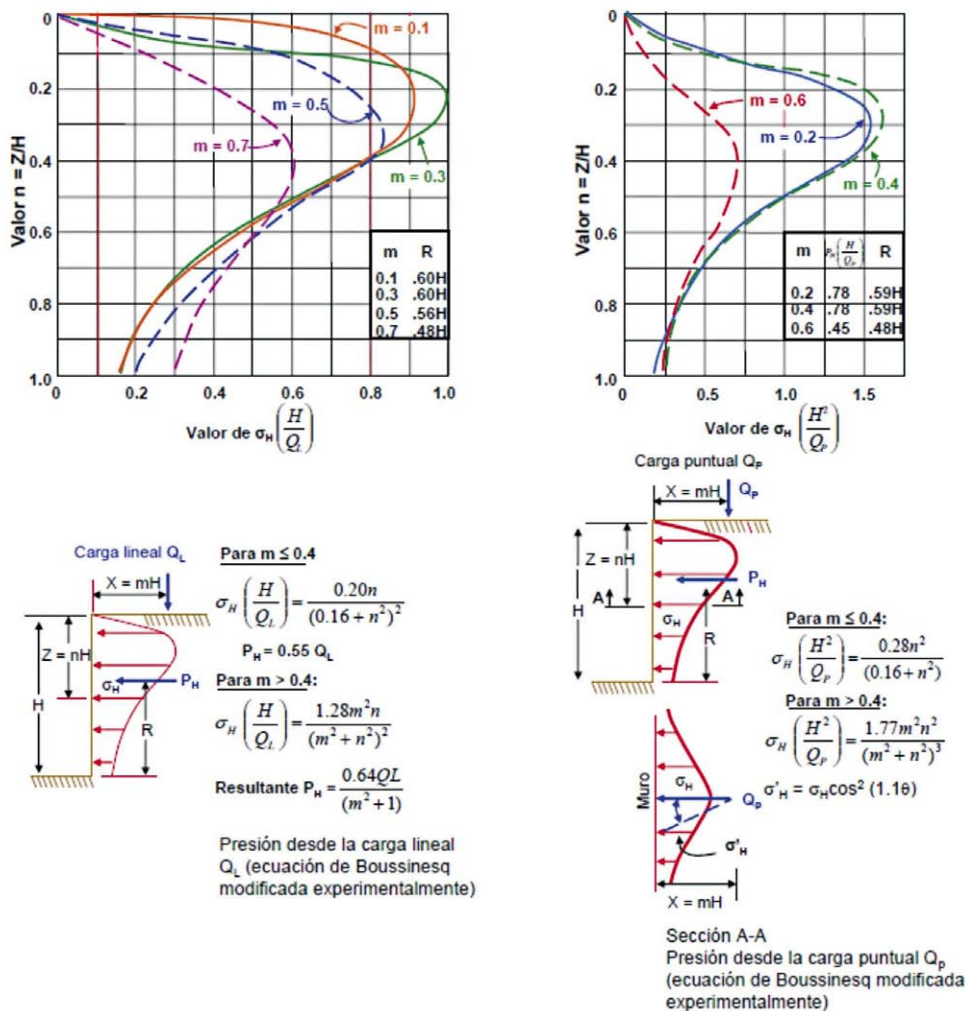
$$\sigma_{hq} = K_a \times q \quad (7)$$

Para la evaluación de las cargas externas del muro, será necesario:

a) El establecimiento del Coeficiente de presión activa, K_A .

d) La determinación de Cargas vivas, σ_{hL} , generadas particularmente por la circulación vehicular, se basa en la Teoría de Boussinesq:

FIGURA 4 Cargas Puntuales que afectan al Muro con Geotextil



Fuente: Curso Aplicado de Cimentaciones

Finalmente la fórmula general de las presiones laterales será:

$$\sigma_h = \sigma_{hs} + \sigma_{hq} + \sigma_{hL} \quad (8)$$

En caso de existir un terraplén sobre el muro, deberá determinarse su inclinación respecto a la horizontal, y deberá ser definido como una sobrecarga.

El establecimiento de Cargas Sísmicas, que dependerá de los factores sísmicos de la zona

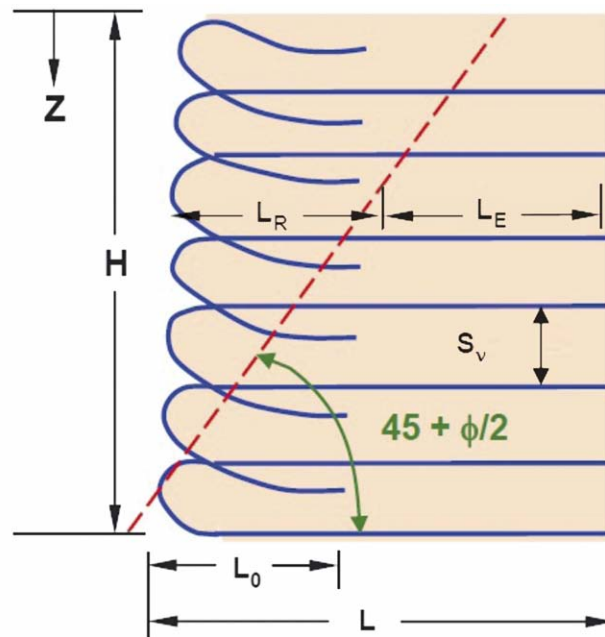
dónde se esté diseñando el Muro.

Determinación de las Características del Refuerzo necesario para la Estabilidad del Muro.

Para determinar las diferentes características del refuerzo para la estabilidad del talud, se deben considerar los siguientes aspectos:

Para los Geotextiles:

FIGURA 5. Dimensiones y Ubicación de las características del Geotextil.



Fuente: Manual de Diseño de PAVCO

Donde:

H: Altura de Relleno de refuerzo.

Z: Profundidad desde la superficie hasta la capa.

S_v: Separación vertical entre capas.

L_R: Longitud geométrica hasta la zona de falla.

L_e: Longitud de empotramiento.

L_o: Longitud del doblado superior.

Establecimiento del espaciamiento entre capas. Se recomienda por comodidad en la etapa de diseño, que únicamente se trabaje con un solo tipo de geotextil y dejar que la separación vertical S_v

entre capas sea el factor variable. De todas maneras la fórmula recomendable para determinar la separación vertical es:

$$S_v = \frac{T_{adm}}{\sigma_h \times FS} \quad (9)$$

Donde:

T_{adm}: Esfuerzo admisible de geotextil.

σ_h: Presión total lateral a la profundidad considerada.

FS: Factor de Seguridad (se recomienda usar de 1.3 a 1.5).

Por razones constructivas y para evitar un embombamiento en la cara externa de cada una de las capas, se recomienda que la altura de las capas de esfuerzo no exceda los 60 cm., así en cálculo se hayan obtenido valores mayores, aunque se puede llegar a 70 cm en las capas superiores.

Se determina la longitud de empotramiento, L_e , que corresponde a la longitud de geotextil que deberá extenderse por detrás de la zona de falla. Su cálculo emplea los valores del Angulo de fricción entre el suelo y el geotextil, ϕ_{SG} , del suelo de relleno y adhesión del muro de geotextil al suelo, c_a . Si los valores son muy pequeños, situación altamente probable para el caso de Muros con Geotextil, se deberá utilizar el mínimo recomendado de 1 m.

$$L_e = \frac{S_v \times \sigma_h \times FS}{2(c_a + \sigma_v \times \tan \phi_{SG})} \quad (10)$$

Donde:

S_v : Separación entre capas de geotextil.

σ_h : Presion horizontal total a la profundidad considerada.

FS: Factor de Seguridad (Se recomienda usar de 1.3 a 1.5).

c_a : Adhesión del muro al suelo.

σ_v : Empuje vertical ($\sigma_v = \gamma xz$)

ϕ_{SG} : Ángulo de fricción entre el suelo de relleno y el geotextil.

- a) Se define la longitud Geométrica, que es la longitud del geotextil comprendida desde la cara del muro hasta la cuña de falla, L_R :

$$L_R = (H - z) \times \tan \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (11)$$

Donde:

H: Altura del Muro

z: Profundidad

f: Ángulo de rozamiento interno del suelo de relleno.

- a) Se verifica la Longitud de Traslape, L_o , que es la longitud de geotextil, que se va en la parte superior de la capa correspondiente. Si el valor calculado es menor a 1, se ajusta a este valor, que es recomendado:

$$L_o = \frac{S_v \times \sigma_h \times FS}{2(\gamma \times z \times \tan \phi_{SG})} \quad (12)$$

Donde:

S_v : Separación entre capas de geotextil.

σ_h : Presión horizontal total.

FS: Factor de Seguridad (se recomienda usar de 1.3 a 1.5).

c_a : Adhesion del muro de geotextil al suelo.

γ : Peso específico del suelo de relleno.

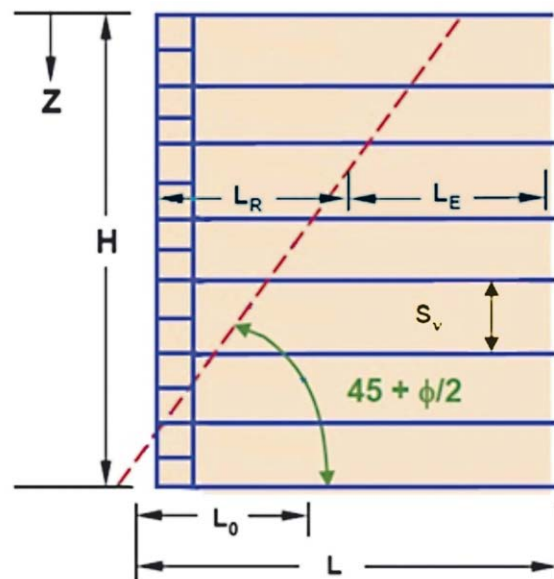
ϕ_{SG} : Ángulo de fricción entre el suelo y el geotextil.

- b) Finalmente se determina la longitud de las Capas de Geotextil, L_G :

$$L_G = S_v + L_R + L_e + L_o \quad (13)$$

Para la Geomalla:

FIGURA 6. Dimensiones y Ubicación de las características de la Geomalla



Dónde:

H: Altura de Relleno de refuerzo.
 Z: Profundidad desde la superficie hasta la capa.
 S_v : Separación vertical entre capas.
 L_R : Longitud geométrica hasta la zona de falla.
 Le: Longitud de empotramiento.

Para la determinación del espaciamiento entre capas o separación vertical, S_v , la formula varia respecto a la correspondiente para el diseño con geotextil. Para geo mallas, espaciamiento será calculado en función de la tensión admisible T_{adm} , y el coeficiente de interacción entre el geotextil y el suelo, C_i . Cabe mencionar también que espaciamiento entre geo mallas es constante debido a que el paramento está construido por bloques semejantes, que tienen dimensiones pre establecidas y se unen a las geo mallas a través de conectores. En las capas superiores el espaciamiento se puede incrementar siempre cuando este en función de las alturas de los bloques.

Podrían ser utilizados otros elementos como alternativas para conformación de paramento de un muro reforzado con geomallas, sin embargo, al construir esta una técnica reciente, no fue posible recabar información respecto a experiencias con otros materiales.

$$S_v = \frac{T_{adm} \times C_i}{\sigma_h}$$

Dónde:

T_{adm} : Resistencia a la tensión del admisible.
 σ_h : Presión total lateral a la profundidad considerada.

C_i : Coeficiente de interacción entre la geomalla y el suelo.

Se determina la longitud de empotramiento, Le , que a diferencia del diseño con geotextil requiere del coeficiente de interacción C_i . Si los valores son muy pequeños, situación altamente probable para el caso de Muros se deberá utilizar el mínimo recomendado de 1 m.

$$Le = \frac{S_v \times \sigma_h}{2 \times C_i \times \sigma_v \times \tan \phi}$$

Dónde:

S_v : Separación entre capas de geotextil.
 σ_h : Presión horizontal total a la profundidad considerada.
 C_i : Coeficiente de interacción entre la geomalla y el suelo.
 σ_v : Empuje vertical ($\sigma_v = \gamma x z$)
 ϕ : Ángulo de fricción interno del suelo.

- a) Se define la Longitud Geométrica desde la cara del muro hasta la cuña de falla, L_R :

$$L_R = (H - z) \times \tan \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (11)$$

Donde:

H: Altura del Muro
 z: Profundidad
 ϕ : Ángulo de rozamiento interno del suelo de relleno.

- b) Finalmente se determina la Longitud de las Capas del Geotextil, L_G

$$L_G = S_v + L_R + Le \quad (16)$$

Estabilidad interna

El análisis de estabilidad interna consiste en determinar si el refuerzo en el terreno es capaz de soportar los esfuerzos de tracción sin romperse y sin ser arrancado de la masa de suelo reforzado. En otras palabras, se refiere al reforzamiento del relleno con geomallas estructurales que brindan alta resistencia a la tracción en la dirección del empuje y de las líneas de máxima extensión, absorbiendo los esfuerzos de tracción que el suelo no es capaz de resistir

En todo análisis de estabilidad interna de una estructura de suelo reforzado se deben verificar dos aspectos fundamentales: la resistencia a la rotura del refuerzo y la resistencia al arrancamiento. La resistencia a la rotura o resistencia a la tracción es el valor de esfuerzo límite al que puede estar sujeto el refuerzo. En cambio, la resistencia al arrancamiento es la capacidad del refuerzo de no ser extraído hacia el exterior. Su valor determina la longitud máxima de refuerzo en el relleno.

Para la verificación de la estabilidad externa del muro, se toman en cuenta los siguientes factores de seguridad:

- Deslizamiento: FS ≥ 1.5
- Volcamiento: FS ≥ 2.0
- Capacidad de carga: FS ≥ 3.0

Se determina el valor de cada uno de ellos. El mismo deberá ser mayor al valor citado para el factor correspondiente.

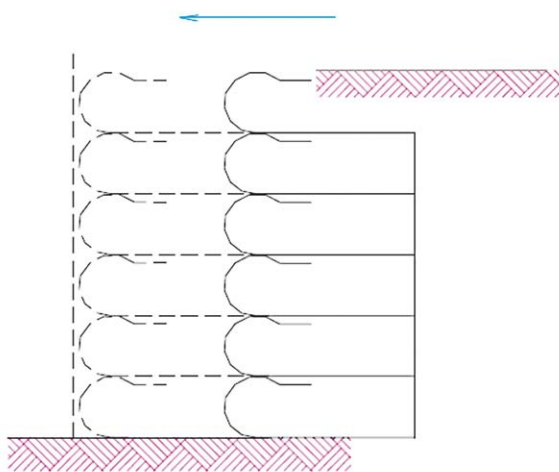
Inicialmente, deberá determinarse la magnitud del Empuje Activo, E_A , que produce el muro reforzado. El Angulo de inclinación de este, será para este caso $\delta = \emptyset$.

$$E_A = \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \times K_A - 2 \times c \times H \times \sqrt{K_A} \quad (17)$$

$$K_A = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\emptyset}{2} \right) \quad (18)$$

- b) Se determina la Estabilidad al Deslizamiento, para lo cual, se comparan fuerzas resistentes con fuerzas deslizantes.

FIGURA 7: Falla por Deslizamiento de un Muro



$$FS = \frac{\sum \text{Fuerzas resistentes}}{\sum \text{Fuerzas deslizantes}} \quad (19)$$

- c) Se procede a realizar el cálculo de la Estabilidad al Volcamiento, para lo cual se analizará el equilibrio del muro con respecto al punto de giro O.

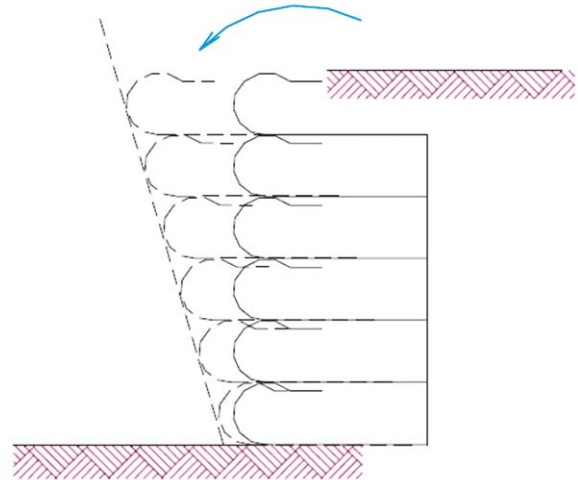
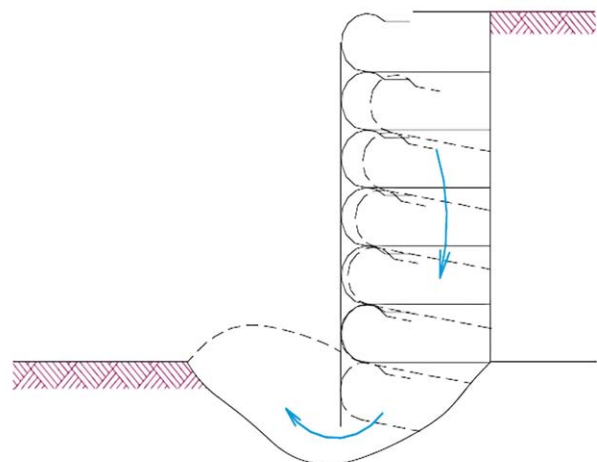


FIGURA 8: Falla por Volteo de un Muro

$$FS = \frac{\sum \text{Momento resistente}}{\sum \text{Momento volcante}} \quad (20)$$

- d) Para la determinación del factor de seguridad por Capacidad de Carga, se verifica que el suelo de fundación sea lo suficientemente competente para soportar las cargas producidas por el muro y las sobrecargas soportadas por el mismo. Se utilizarán las fórmulas que determina la Geotecnia tradicional.

FIGURA 9: Fallas en la Fundación de un Muro.



CUADRO 2 Profundidad mínima de cimentación para muros de retención reforzados y taludes

Inclinación del suelo de relleno	Mínima profundidad de cimentación	Profundidad de cimentación
Horizontal	Horizontal	H/20
3h:1v	3h:1v	H/10
2h:1v	2h:1v	H/7
3h:2v	3h:2v	H/5
Para muros de estribos de puentes	Para muros de estribos de puentes	H/10

La forma simplificada de analizar la capacidad de un estribo de un muro de retención reforzado es mediante la siguiente ecuación: $c \times N_c + q \times N_q + \frac{1}{2} \times \gamma_{SF} \times B \times N_{\gamma} \times N_{(2)}$ donde N_c , N_q y N_{γ} son los factores de capacidad de carga de Terzaghi para un suelo cohesionado. N_c depende del ángulo de fricción del suelo y se presenta en la siguiente tabla. N_q depende de la capacidad de carga de Terzaghi para un suelo cohesionado y se presenta en la siguiente tabla. N_{γ} depende de la capacidad de carga de Terzaghi para un suelo cohesionado y se presenta en la siguiente tabla. $N_{(2)}$ es el coeficiente de seguridad que depende del ángulo de fricción del suelo y se presenta en la siguiente tabla.

$$N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan \phi} = \frac{(N_{(2)} - 1)}{\tan \phi}$$

$$N_{\gamma} = 2 \times (N_q + 1) \times \tan \phi \times (N_{(2)} + 1) \times \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

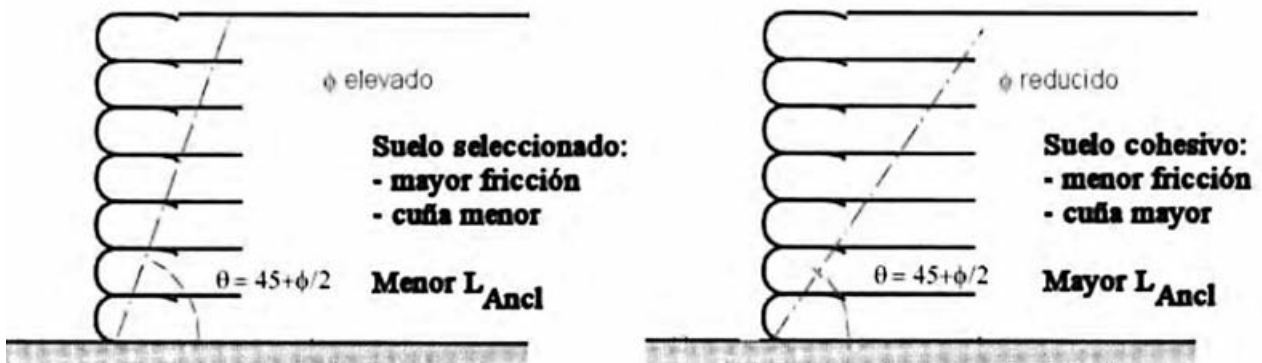
La presión admisible que generan las cargas se representa por la siguiente ecuación: $\sigma_{apl} = \sum \sigma_v$. Finalmente el Factor de seguridad se calcula como el cociente entre la Presión Última y la Presión Admisible: $FS = \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{apl}}$.

Tabla 2. Geometría recomendada para un muro reforzado con geomallas o geotextiles (Koerner, 1998)

Tamaño del Tamiz (No.)	Tamaño de la Partícula (mm)	Porcentaje que Pasa (%)
4	4.76	100
10	2.0	90-100
40	0.42	0-60
100	0.15	0-5
200	0.075	0

Según Koerner (1998) se pueden utilizar los suelos de las siguientes clasificaciones: arena bien graduada (SW), arena limosa (SM), arena limosa (Sv), arena limosa (S) y arena limosa (Sv) que producen sobrepresiones intersticiales. Además, si se utilizan suelos locales cohesivos, es obligatorio incrementar la longitud del refuerzo con el tipo de suelo. El tipo de suelo que se utiliza debe tener una resistencia residual tal y como se muestra en la figura 7. (Leshchinsky, 2001)

Figura 12. Influencia del ángulo de rozamiento del suelo en la longitud de anclaje (Tomada de Asanza, 2009)



RESULTADOS

En función a los visto anteriormente se procede a realizar el diseño del muro de suelo reforzado con ambos geosintéticos.

El Talud se ubica geográficamente en el Distrito N°

12 (Zona 20, al suroeste de la ciudad de Tarija).

La zona seleccionada para llevar a cabo el estudio se encuentra en la Avenida Sagredo que une los Barrios German Busch y Luis de Fuentes, específicamente frente a la cerámica “Guadalquivir”.

FIGURA 13. Zona de aplicación de la metodología de diseño empleada.

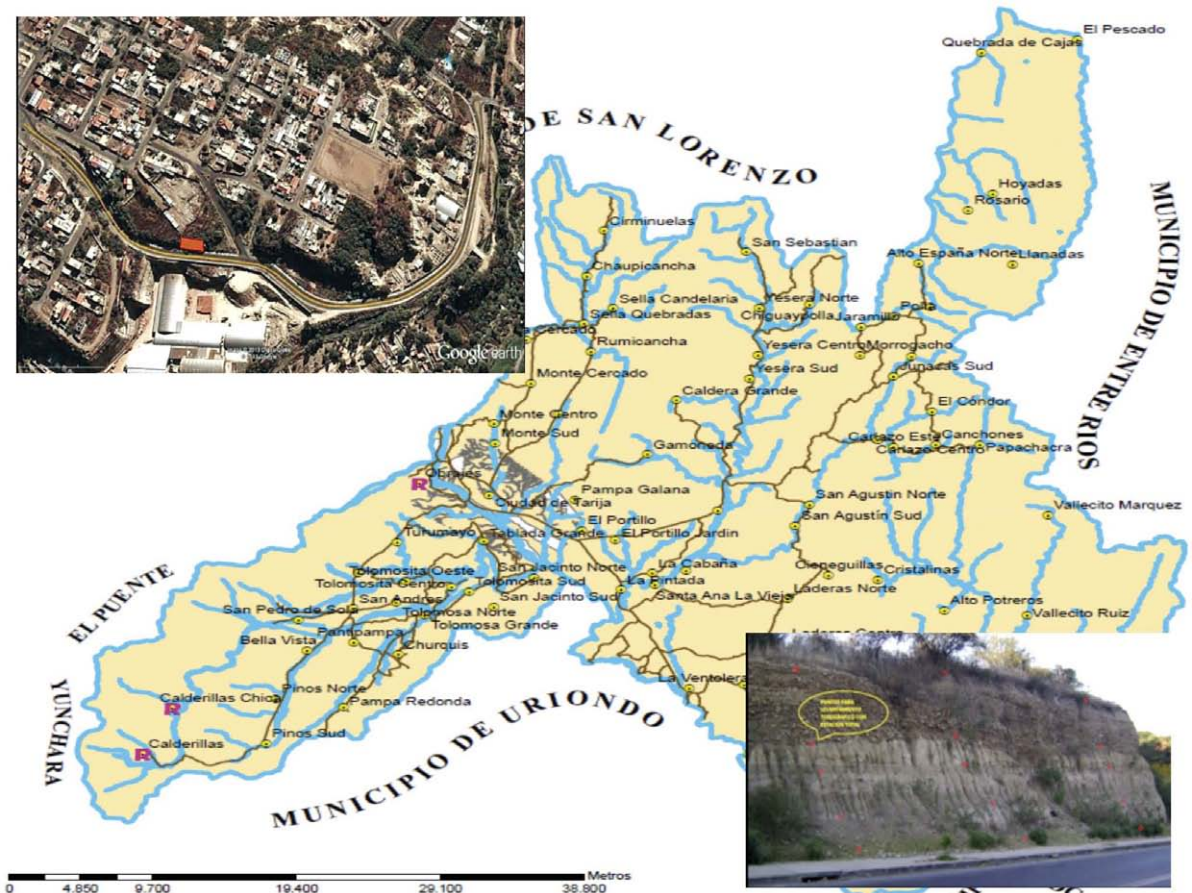


TABLA 1. Resultados del análisis geotécnico en función a los ensayos de suelos

MUESTRA	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	P.E. (Tn. /m ³)	Angulo de Fricción Interna (°)	Cohesión (Tn/m ²)
Suelo de Fundación	CL (Arcillas Gravosas, arenosas limosas)	A-6(12) (Suelo Arcilloso)	1.69	20	1.1
Suelo de Relleno	SM (Arenas Limosas mezclas de arena y limo)	A-2 - 4(0)(Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas)	1.65	38	0.6

Muro de suelo Reforzado con Geotextil
Estabilidad Interna

TABLA 3 Determinación de la longitud de capas de geotextil

CAPA #	z (m)	Sv (m)	LR (m)	LR (m)	Le (m)	Lo (m)	L calc (m)	Lesp (m)	LG (m)
22	0	0,5	3,86	3,86	1	1	4,86	6	11,36
21	0,5	0,5	3,63	3,63	1	1	4,63	6	11,13
20	1	0,5	3,40	3,4	1	1	4,4	6	10,9
19	1,5	0,5	3,18	3,18	1	1	4,18	6	10,68
18	2	0,5	2,95	2,95	1	1	3,95	6	10,45
17	2,5	0,5	2,72	2,72	1	1	3,72	6	10,22
16	3	0,5	2,50	2,5	1	1	3,5	6	10
15	3,5	0,5	2,27	2,27	1	1	3,27	6	9,77
14	4	0,5	2,04	2,04	1	1	3,04	6	9,54
13	4,5	0,4	1,82	1,82	1	1	2,82	6	9,22
12	4,9	0,4	1,63	1,63	1	1	2,63	6	9,03
11	5,3	0,4	1,45	1,45	1	1	2,45	6	8,85
10	5,7	0,4	1,27	1,27	1	1	2,27	6	8,67
9	6,1	0,3	1,09	1,09	1	1	2,09	6	8,39
8	6,4	0,3	0,95	0,95	1	1	1,95	6	8,25
7	6,7	0,3	0,82	0,82	1	1	1,82	6	8,12
6	7	0,3	0,68	0,68	1	1	1,68	6	7,98
5	7,3	0,3	0,54	0,54	1	1	1,54	6	7,84
4	7,6	0,3	0,41	0,41	1	1	1,41	6	7,71
3	7,9	0,3	0,27	0,27	1	1	1,27	6	7,57
2	8,2	0,2	0,14	0,14	1	1	1,14	6	7,34
1	8,4	0,2	0,05	0,05	1	1	1,05	6	7,25

Figura 13. Dimensiones de muro reforzado con geotextiles

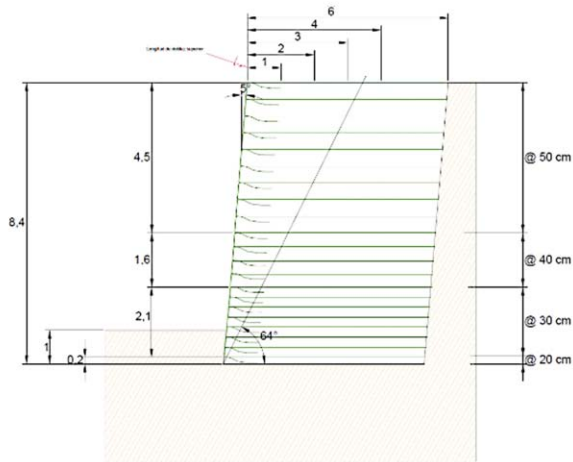
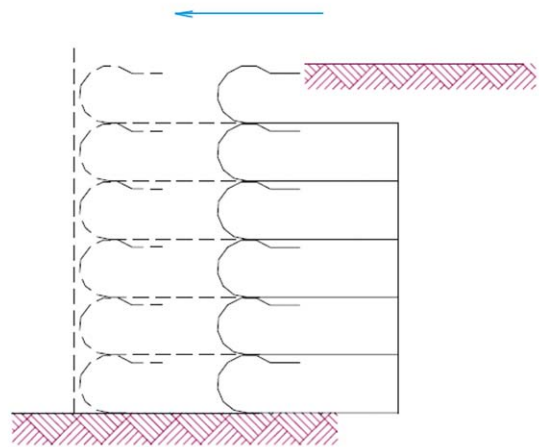
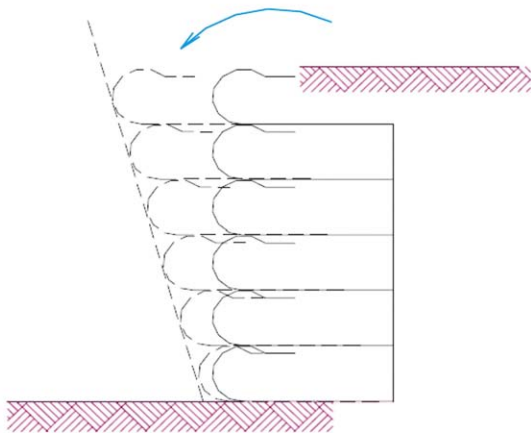


Figura 16. Factor de seguridad al volteo



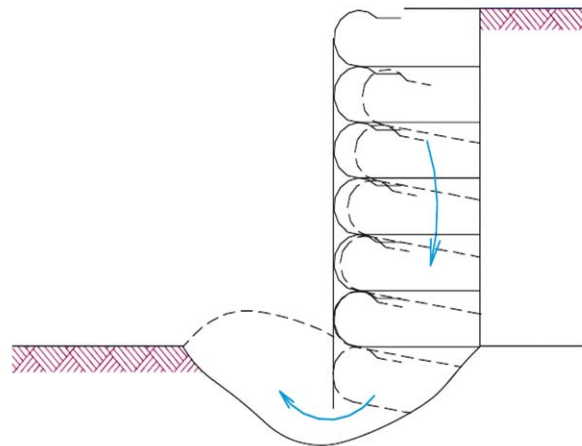
$$FS=6.83 > 1.2 \text{ Cumple}$$

Figura 15. Factor de seguridad al volcamiento



$$FS=9.79 > 1.2 \text{ Cumple}$$

Estabilidad Externa
Figura 14. Factor de seguridad al deslizamiento



$$FS=3.20 > 3 \text{ Cumple}$$

Muro de Suelo Reforzado con Geogrietas
Estabilidad Interna

TABLA 4 Determinación de la longitud de capas de geotextil

CAPA #	z (m)	Sv (m)	LR (m)	LR (m)	Le (m)	L calc (m)	LG (m)	Lreq (m)
25	0	0,6	3,86	3,86	1	4,86	5,46	6
24	0,6	0,6	3,58	3,58	1	4,58	5,18	6
23	1,2	0,6	3,31	3,31	1	4,31	4,91	6
22	1,8	0,6	3,04	3,04	1	4,04	4,64	6
21	2,4	0,6	2,77	2,77	1	3,77	4,37	6
20	3	0,5	2,50	2,5	1	3,5	4	6
19	3,5	0,5	2,27	2,27	1	3,27	3,77	6
18	4	0,4	2,04	2,04	1	3,04	3,44	6
17	4,4	0,4	1,86	1,86	1	2,86	3,26	6
16	4,8	0,4	1,68	1,68	1	2,68	3,08	6
15	5,2	0,3	1,50	1,5	1	2,5	2,8	6
14	5,5	0,3	1,36	1,36	1	2,36	2,66	6
13	5,8	0,3	1,23	1,23	1	2,23	2,53	6
12	6,1	0,3	1,09	1,09	1	2,09	2,39	6
11	6,4	0,3	0,95	0,95	1	1,95	2,25	6
10	6,7	0,3	0,82	0,82	1	1,82	2,12	6
9	7	0,2	0,68	0,68	1	1,68	1,88	6
8	7,2	0,2	0,59	0,59	1	1,59	1,79	6
7	7,4	0,2	0,50	0,5	1	1,5	1,7	6
6	7,6	0,2	0,41	0,41	1	1,41	1,61	6
5	7,8	0,2	0,32	0,32	1	1,32	1,52	6
4	8	0,2	0,23	0,23	1	1,23	1,43	6
3	8,2	0,2	0,14	0,14	1	1,14	1,34	6
2	8,4	0,2	0,05	0,05	1	1,05	1,25	6
1	8,6	0,2	-0,05	-0,05	1	0,95	1,15	6

Figura 17. Dimensiones de muro reforzado con geotextiles

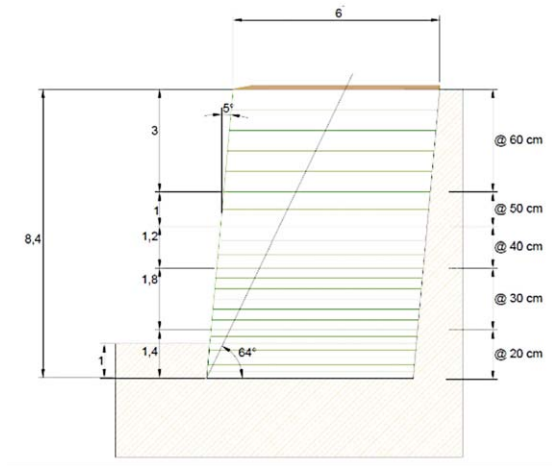
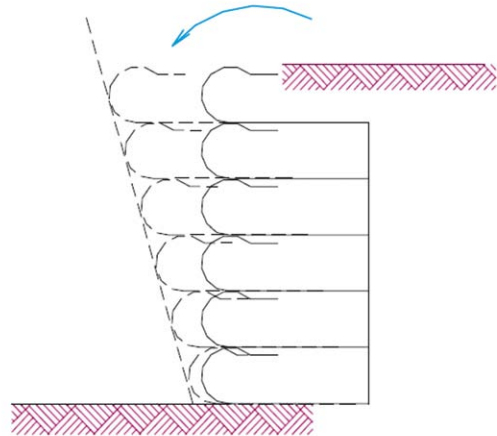
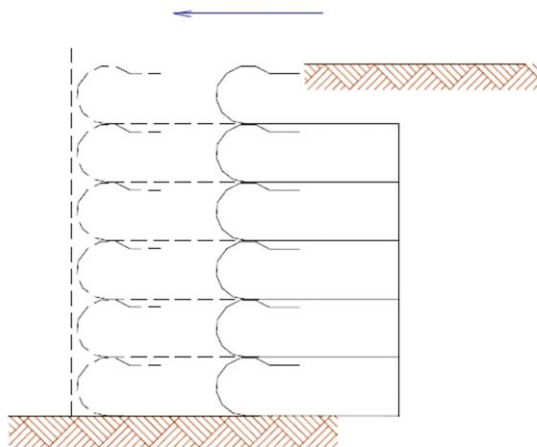


Figura 19. Factor de seguridad al volcamiento



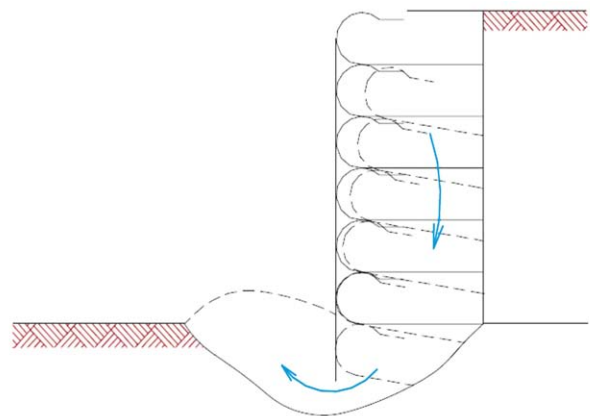
$FS=7.3 > 1.2$ Cumple

Estabilidad Externa
Figura 18. Factor de seguridad al deslizamiento



$FS=6.83 > 1.2$ Cumple

Figura 20. Factor de seguridad al volteo



$FS=3.20 > 3$ Cumple

DISCUSIÓN

Condiciones Actuales del Talud

Las condiciones actuales del área de estudio son favorables para el estudio estabilidad de taludes ya que el talud posee una sección transversal casi uniforme, con pendiente y un ángulo de elevación constante.

La falla que presenta actualmente es de tipo superficial el cual en época de lluvias tiende a socavar haciendo que el estrato se deposite en la parte baja del talud llegando en ocasiones hasta el pavimento y tapando la vereda lo cual impide la circulación peatonal. Este presenta dos tipos de estratos aluviales que son la mayor parte del talud y el coluvial que se encuentra en la parte superior el cual es el más propenso a la socavación con la lluvia

Muro de Suelo Reforzado

El análisis de estabilidad de taludes aplicados a un muro de suelo reforzado nos lleva concluir que el muro geoméricamente es óptimo aprovechando al máximo las propiedades de resistencia del suelo de relleno con respecto a otras geometrías anteriormente propuestas, el análisis de estabilidad se realizó manualmente basado en el manual de la industria PAVCO se puede evidenciar que los factores de seguridad son factores externos que tiene que cumplir el diseño para la estabilidad de esta como podemos ver a continuación:

Los factores mínimos recomendados por la AASHTO para el cálculo y diseño de muros en suelo reforzado son establecidos por el ingeniero diseñador según las características geomecánicas de los materiales a utilizar y de las condiciones propias del proyecto.

El análisis de la estabilidad interna se basa en el diseño de la estructura interna completa la cual está diseñada en función a las características geotécnicas de los suelos y características de resistencias de los geosintéticos los cuales permiten determinar el factor de seguridad en función al espaciamiento vertical el cual en el software muestra que cumple para Geogrillas como Geotextiles de la estructura de contención. La estabilidad externa se la analiza en función a tres factores de seguridad Deslizamiento, Volcamiento y Capacidad portante.

BIBLIOGRAFIA

- Badiillo, Juárez, (2010). Mecánica de suelos, Fundamentos de la Mecánica de Suelos, Edit. Limusa
- Braja M. Das, (2007). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.
- Jimenes F. Los Geosintéticos como Solución a la Estabilidad de Taludes.
- Maccaferri, (2010). Criterios Generales para Proyecto, Especificación y Aplicación de Geosintéticos.
- Maccaferri. (2010). Refuerzo de Suelo, Manual Técnico,
- Matteis, Álvaro F. Estabilidad de Taludes
- Rodríguez, Fernando. Análisis de Estabilidad de Taludes, tesis doctoral
- Rodríguez O. José M. Curso Aplicado de Cimentaciones
- Suarez Díaz Jaime. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales.
- Tensar, (2001). Utilización de Geogrillas Tensar en Suelos Blandos, Boletín Técnico N° 001-01
- PAVCO S.A. Manual de Diseño, Séptima Edición

AUDITORIA INFORMÁTICA INTERNA EN NUESTRO DEPARTAMENTO

*Carmen Janeth Padilla Vedia*¹

Docente investigadora del Departamento de Informática y Sistemas - UAJMS
Dirección para correspondencia: padillac555@gmail.com

(Investigación aplicada a La Avenida Sagredo - Barrio German Busch - Tarija)

Resumen

La seguridad es primordial en el ser humano y en la realización de cualquier proyecto o situación de la vida, de forma que no queda exento el área de informática dentro de las organizaciones públicas o privadas con o sin fines de lucro contribuyendo a prevenir, mantener el funcionamiento y resguardar los activos de las mismas.

La seguridad informática es una necesidad presente en cualquier institución, cuando se tienen protocolos, controles y procedimientos que permitan verificar que los objetivos de continuidad de servicio, confidencialidad y seguridad de la información, se cumpliría satisfactoriamente con las características primordiales de la información, y así se prevería la alteración de sistemas, ataques y accesos no autorizados.

Las empresas o instituciones en nuestro medio actualmente manejan su información y la administran por medio de software, por tanto es necesario que todas implanten una evaluación de riesgos para la información con el propósito de proteger la integridad y cumplir con los controles de políticas de seguridad. La seguridad informática se presenta como una necesidad que se fundamenta en el establecimiento de controles e implantación de procedimientos y métodos con el objetivo de administrar y proteger los activos de la información.

Las empresas están expuestas a riesgos potenciales que hay que concientizar, dar a conocer y atacar posteriormente con políticas del tipo preventivas, detectivas y hasta correctivas para así lograr una administración de la información más eficaz y segura.

Palabras clave:

SAI = Sistema de alimentación ininterrumpida

ISO = Organización Internacional de Estandarización

COBIT = Objetivos de Control para la Información y Tecnologías Relacionadas

ITIL = Information Technology Infrastructure Library

COSO = The Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission's Internal Control - Integrated Framework

Problema de Investigación

Nuestras empresas tienen riesgo de perder información, esto podría detener su operación, deteniendo procesos de producción o administrativos, para ello es necesario proteger la información, haciendo que las unidades de auditoría no solo se concentren en auditorías financieras, sino que también se planifiquen y ejecuten los controles internos informáticos, bien sabemos que existen diferentes maneras o métodos de proteger un sistema de información, todas estas partes del sistema de seguridad deben trabajar en conjunto para asegurar la informática de la empresa. Para mejorar la función del área de auditoría o como se la nombre en las organizaciones de nuestro medio, esta área debería incluir la auditoría interna informática y no así solo auditoría financiera como ocurre en la mayoría de nuestras instituciones ocasionando esta situación problemas que repercuten en la administración e imagen propia de la empresa u organización, ya que hoy por hoy nuestras organizaciones en su mayoría administran la información haciendo uso de medios electrónicos.

Fundamentación Teórica y Metodológica

Introducción

En todo objeto de estudio de la humanidad, se necesita estabilidad y protección de información o bienes, en informática sabemos que la herramienta principal que ayudo a su popularidad en el mundo, son las computadoras, cualquiera que sea la categoría

Esto hace que las organizaciones anglosajonas y europeas se preocupen por proteger los activos involucrados en la administración y uso de la información, sin embargo esto no sucede de la misma manera en nuestro departamento con nuestras instituciones por distintas razones que trataremos que explicarlas a continuación.

La administración de información en Tarija

Las empresas o instituciones en nuestro medio actualmente manejan su información y la administran por medio de software, por tanto es necesario que todas implanten controles internos que disminuyan los riesgos potenciales en la administración de la información con el propósito de proteger la integridad y cumplir con los controles de políticas de seguridad. La seguridad informática se presenta como una necesidad que se fundamenta en el establecimiento de controles e implantación de procedimientos y métodos con el objetivo de administrar y proteger los activos de la información.

“La seguridad informática solo brinda áreas de oportunidad, en los sistemas informáticos y no brinda por sí sola seguridad en la información de la organización, la seguridad informática, no puede por sí misma. De ahí que el hacer conciencia para que las áreas comprometidas con esta labor asuman las funciones y responsabilidades que conlleva la actividad de auditoría informática interna dentro de las diferentes organizaciones que hacen vida orgánica en nuestro departamento es crucial.

Nuestras empresas están expuestas al riesgo de perder información, esto podría detener su

operación, deteniendo procesos de producción o administrativos, para ello es necesario proteger el funcionamiento de la información, existen diferentes maneras o métodos de proteger un sistema de información, todas estas partes del sistema de seguridad deben trabajar en conjunto para asegurar la informática de la empresa, de ahí que un elemento indispensable y poco frecuente en nuestras instituciones es el área de auditoría interna informática que al operar como tal, reduzca el riesgo informático.

La seguridad informática existe solo si se juntan todos los elementos y métodos que la hacen posible ya que cualquier método utilizado por sí solo no puede abarcar todos los puntos vulnerables de los sistemas de información, así lo da a entender, Hallberg (2003, p.97). “La seguridad informática solo brinda áreas de oportunidad, en los sistemas informáticos y no brinda por sí sola seguridad en la información de la organización, la seguridad informática, no puede por sí misma proporcionar la protección para su información”.

Este trabajo de investigación trata de hacer notar la falta del área de auditoría interna informática en nuestras instituciones y el impacto que esto causa o puede causar.

La manera en que manejamos la seguridad de la información ha evolucionado con el tiempo, a medida que nuestra sociedad y tecnología evolucionan, por ello es importante comprender y aplicar esta evolución para lograr procedimientos más seguros y efectivos que van en bien de las instituciones, ya que lo que en algún momento es seguro con el paso del tiempo ya no lo es, como lo describe Maiwald (2003, p.8) “La seguridad era suficiente cuando la información no estaba en la nube, pero al cambio de tecnologías estos ya no lo es, la mayor parte de los activos de la información de las organizaciones migraron hacia ellas en formato electrónico, cambiando por completo la idea de seguridad en la información”, es por esto que pretendemos mostrar y describir los elementos y características que conforman la seguridad informática en nuestras instituciones.

La mayoría de las empresas o instituciones en nuestro departamento hoy en día administran su información, con ayuda de la tecnología construyendo sistemas de información, para que los colaboradores de las empresas puedan acceder rápidamente a toda la información empresarial, confiando completamente la información a los sistemas computacionales.

Cuando no se conoce el alcance que tienen los sistemas informáticos, ni lo vulnerables que pueden ser, si son expuestos a Internet por los mismos empleados de la organización, puede haber fuga de información hacia el exterior, al hablar de seguridad informática podemos hablar desde un software que restringe otros programas malignos, llamado antivirus, un software que previene que personas foráneas logren acceder, llamado firewall, hasta seguridad física, que bien podría ser un buen edificio con controles de acceso y seguridad privada que restrinjan el acceso a personas.

Auditoría informática interna

La auditoría interna es el examen crítico, sistemático y detallado de los sistemas de información de una organización; realizadas por profesionales con vínculos laborales con la misma. Estos profesionales utilizan técnicas determinadas con el objetivo de emitir informes y formular sugerencias para el mejoramiento de la entidad o negocio. Las auditorías internas son servicios que reportan al más alto nivel de la gerencia de la organización y tienen características de función asesora de control; por tanto no pueden ni deben tener autoridad sobre ningún funcionario de la empresa, a excepción de los que forman parte del personal de la oficina de auditoría interna. Tampoco, deben involucrarse o comprometerse con las operaciones de los sistemas de la empresa, pues su función es evaluar y opinar sobre los mismos; para que la alta gerencia tome las medidas necesarias para su mejor funcionamiento.

Estándares y Normas para Asegurar la Información

Para la correcta administración de la seguridad de la información, se deben establecer y mantener acciones que busquen cumplir con los tres requerimientos de mayor importancia para la

información, estos son confidencialidad, disponibilidad e integridad.

Diferentes organizaciones internacionales han definido estándares y normas que apoyan en diferente medida el cumplimiento de los requerimientos indicados anteriormente. A continuación se detallan los de mayor utilización a nivel mundial, y que pueden ser consideradas como base para construir un modelo de seguridad.

ISO 17.799

Es un estándar para la administración de la seguridad de la información, e implica la implementación de toda una estructura documental que debe contar con un fuerte apoyo de la alta dirección de cualquier organización.

Este estándar fue publicado por la International Organization for Standardization (ISO) en diciembre de 2000 con el objeto de desarrollar un marco de seguridad sobre el cual trabajen las organizaciones. Esta norma internacional ofrece recomendaciones para realizar la gestión de la seguridad de la información dirigidas a los responsables de iniciar, implantar o mantener la seguridad de una organización.

COBIT

Acrónimo de "Control Objectives for Information and related Technology" (Objetivos de Control para la Información y Tecnologías Relacionadas), es un estándar desarrollado por la Information Systems Audit and Control Foundation (ISACA), la cual fue fundada en 1969 en EE.UU., y que se preocupa de temas como gobernabilidad, control, aseguramiento y auditorías para TIC.

ITIL

Acrónimo de "Information Technology Infrastructure Library", ITIL es una norma de mejores prácticas para la administración de servicios de Tecnología de Información (TI), desarrollada a finales del año 1980 por entidades públicas y privadas con el fin de considerar las mejores prácticas a nivel mundial.

COSO

La normativa COSO, acrónimo de The Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission's Internal Control - Integrated Framework, está principalmente orientada al control de la administración financiera y contable de las organizaciones. Sin embargo, dada la gran cercanía que hoy existe entre esta área y los sistemas de información computarizados, es que resulta importante entender el alcance y uso de esta norma. el Informe COSO es un documento que contiene directivas e indicaciones para la implantación, gestión y control de un sistema de Control Interno, con alcances al área informática.

ISO Serie 27000

A semejanza de otras normas ISO, la 27000 es una serie de estándares, que incluye (o incluirá, pues algunas partes aún están en desarrollo), definiciones de vocabulario (ISO 27000), requisitos para sistemas de gestión de seguridad de la información (ISO 27001), guía de buenas prácticas en objetivos de control y controles recomendables de seguridad de la información (ISO 27002), una guía de implementación de SGSI (Sistema de Gestión en Seguridad de la Información) junto a información de uso del esquema PDCA (Plan, Do, Check, Act) [6] (ISO 27003), especificación de métricas para determinar la eficacia de SGSI (ISO 27004), una guía de técnicas de gestión de riesgo (ISO 27005), especificación de requisitos para acreditación de entidades de auditoría y certificación de SGSI (ISO 27006), una guía de auditoría de SGSI (ISO 27007), una guía de gestión de seguridad de la información para telecomunicaciones (ISO 27011), una guía de continuidad de negocio en cuanto a TIC (ISO 27031), una guía de ciber-seguridad (ISO 27032), una guía de seguridad en redes (ISO 27033), una guía de seguridad en aplicaciones (ISO 27034), y una guía de seguridad de la información en el sector sanitario (ISO 27799).

Políticas de Seguridad

La seguridad informática se enfoca en la protección y la privatización de sus sistemas y en esta se pueden encontrar dos tipos: La seguridad lógica que se enfoca en la protección de los contenidos y su información y la seguridad física aplicada a los equipos como tal, ya que el ataque no es estrictamente al software y también al hardware y también la infraestructura informática es una parte fundamental para la preservación del activo más valioso que es la información, así mismo se busca mantener la confidencialidad, integridad, autenticidad, y disponibilidad que son los datos recordando símbolos que representan hechos, situaciones, condiciones o información es el resultado de procesar o transformar los datos la información es significativa para el usuario.

Atendiendo a esta definición es importante tener políticas de seguridad, bien concebidas y efectivas, que puedan proteger la inversión y los recursos de información de las instituciones locales. Vale la pena implementar políticas de seguridad si los recursos y la información merecen protegerse, por eso es importante que exista la unidad de auditoría interna quien tiene la función de implementar y controlar los controles internos de manera diaria.

Que podemos hacer para garantizar políticas de seguridad?

Asegurar que todos los involucrados conozcan sus funciones y responsabilidades y a medida que introducimos controles internos, irán apareciendo nuevos en función a las necesidades y amenazas latentes, esto normalmente sucede debido a que no todas las amenazas pueden ser anticipadas, entonces hay que estar alertas a la presencia de todo tipo de posible amenaza a la que este expuesta y sea posible de acaecer.

Las políticas deben estar diseñadas por niveles de seguridad por ejemplo desde proteger una contraseña hasta protecciones físicas y lógicas como por ejemplo cifrado de datos, pistas de auditoría.

Sistemas de Protección

Un sistema de protección es algo que toda empresa debe tener para evitar accidentes de todo tipo y así minimizar los posibles riesgos a la infraestructura o a la información que puedan ser causados por incendios o fallas eléctricas o cualquier otro riesgo, otro de los que pueden ser usados son los llamados sistemas contra incendios y además del uso de extintores y sistemas convencionales antiincendios convencionales, hay otros tipo de sistemas más eficaces, como la inserción de gases nobles o la extracción de oxígeno, que preservan mejor los equipos para que no sean alcanzados por el fuego evitando así el contacto con el líquido de los extintores o el agua. Si la empresa u organización es suficientemente grande, puede tener un sistema contra incendios centralizado, que normalmente está en una habitación y mediante una bomba surte agua a todas las plantas del edificio en caso de incendio.

En nuestras instituciones dadas sus características generales podemos mencionar algunas que consideramos pueden ser efectivas:

- **Sistemas de protección eléctrica.** Para el correcto funcionamiento de un sistema informático es primordial que la corriente eléctrica sea adecuada. Por un lado es imposible asegurar que no haya un fallo en la tensión eléctrica y por otro la corriente puede sufrir perturbaciones. Todo esto puede dar problemas en el equipo, como pérdida de información hasta fallos en el hardware, dependiendo del problema que se haya producido en la red eléctrica, también podemos descartar, entre otros: El corte de suministro eléctrico, que es la pérdida total de la tensión, Picos de tensión altos, llamados también sobretensión, que se dan cuando el valor de la tensión es superior al 110% del valor nominal, Picos de tensión bajos, llamados también caídas de tensión, que se dan cuando el valor de la tensión es inferior al 80% del valor nominal, Interferencias en la tensión, que se le suele denominar también fluctuaciones de tensión o ruidos, Microcortes, que son cortes de corriente durante un tiempo muy pequeño.
- **Sistemas de alimentación ininterrumpida.** El principal funcionamiento de los sistemas de

alimentación ininterrumpida es preservar los equipos ante cualquier percance eléctrico. Estos equipos dan corriente eléctrica al sistema informático en caso de corte, algunos de ellos, corrigen las alteraciones en la tensión eléctrica, además de poder apagar los equipos de forma correcta si fuera necesario. Dos cosas que hay que tomar en cuenta para elegir un SAI (Sistema de alimentación ininterrumpida) son: el tiempo de autonomía de funcionamiento una vez que se produzca el corte de suministro eléctrico, el otro es la potencia, que deberá ser la necesaria para poder atender el consumo de todos los equipos que queramos proteger.

- **Clúster de servidores.** Un clúster de servidores es un conjunto de ordenadores conectados por una red de forma que funcionan como si tratase de uno solo. Tienen un alto rendimiento y una alta escalabilidad. Los equipos que componen el conjunto no tienen por qué tener ni el mismo hardware ni el mismo software, es decir, pueden ser equipos diferentes unos de otros. Las funciones que puede hacer un clúster son, además de un alto rendimiento y eficiencia, garantizar que en el movimiento en que se produzca un fallo hardware en alguno de los servidores del conjunto, no peligre el buen funcionamiento ni la disponibilidad del sistema informático, porque la operación que se estaba realizando en uno de los servidores del clúster puede pasar a realizarla otro.
- **Sistemas de identificación.** Un sistema de identificación es un método para el acceso al sistema informático, como a las instalaciones donde este se encuentre físicamente. El uso de técnicas y procedimientos se usan para controlar el acceso a las personas que quieran acceder al sistema o al usuario que accede localmente o de forma remota. Algunas de las herramientas destinadas a tal fin son: la firma electrónica, el certificado digital y otros que no son incorporados en nuestro medio, sin embargo son efectivos.
- **Seguridad en el acceso al sistema informático.** Es muy importante evitar el acceso no autorizado tanto al sistema informático como al recinto o lugar donde se encuentre ubicado, es una parte muy importante dentro de la seguridad y para eso existen los sistemas de protección.

Todas estas medidas de protección formaran parte de la seguridad activa, ya que se utilizan para evitar el acceso de un usuario no autorizado que podría comprometer tanto la privacidad como la integridad de la información contenida en el sistema informático.

- **Sistemas de control de acceso.** Algunos sistemas de control de acceso pueden ser: guardias y cámaras de seguridad que son utilizados para evitar el acceso al edificio tanto exterior o interior y así controlar el acceso a lugares restringidos. El uso de llaves para acceder al edificio o a la habitación donde se encuentran los equipos, así como llaves para bloquear el equipo en si. También se usan claves de acceso o contraseñas para entrar a lugares protegidos o cuentas de usuario. Los sistemas de contraseñas para entrar en un equipo informático son utilizados para que los sistemas de contraseñas sean correctos y cumplan su función.

El nivel de seguridad que se adopte implica a menudo consecuencias ligadas a: restricciones para los usuarios, que deberán autenticarse antes de acceder a algunos recursos. La carga financiera que representa la adquisición de los programas de protección.

El tiempo de trabajo necesario para implementar estas soluciones y una mayor complejidad de la infraestructura. Por este motivo una buena política de seguridad podría ser una solución adaptada a sus necesidades, suficientemente potente para protegerle, sin paralizar la empresa debido a restricciones demasiado importantes.

La implementación de medidas de seguridad adecuadas para proteger a una empresa normal, representa un trabajo considerable pero no supone mayores problemas. Es una misión accesible para cualquier persona que disponga un buen nivel de competencia informática.

Por qué debe considerarse un área de auditoría interna informática

Información mostrada en páginas web de empresas tarijeñas nos muestran que a nivel departamental existen cerca de 46 empresas del

departamento que cuentan con sus páginas Web y éstas van desde empresas del rubro de automotores, vinos, industria, educación, turismo, hoteles, instituciones públicas y otras.

Según el especialista nacional, Álvaro Luksic, la prensa tarijeña, es el rubro que más empeño ha puesto a su presencia online en los últimos años. Entre algunas de las páginas web más visitadas se encuentran las del diario El País e y la de la universidad Juan Misael Saracho.

Existiendo también sistemas que no se encuentran en la web, pero igualmente importantes en la administración y control de las instituciones locales. Esta necesidad tecnológica cada vez más imprescindible nos hace pensar el incorporar la unidad de auditoría interna informática que controle diariamente las actividades involucradas con TIC, permitiendo lograr más eficiencia y eficacia en nuestras instituciones. Adicionalmente, las empresas deben evitar una serie de riesgos de seguridad, entre los que incluyen robo de identidad, fuga de información, fraude y otros.

Importancia de implementar controles internos

Con el propósito de enfrentar correctamente los procesos de auditoría y a la vez para satisfacer un adecuado nivel de control interno en las actividades de TIC, se deben diseñar controles, de manera que ellos abarquen a todos los procesos que se manejan por medio de las TIC en una organización.

En sí, los controles deben estar construidos en base a áreas (procesos) y objetivos de control de los cuales se deben desprender las actividades y finalmente los controles en si.

La tarea que debe asumir cada organización, conforme a su propia realidad es la de identificar cuál es la evidencia que cubre al respectivo control, lo que es particular y propio de cada organización.

Estos controles deben estar abalados por políticas, procedimientos e instructivos que permitan operar de manera clara, precisa y sin ambigüedades de tal forma de asegurar el correcto cumplimiento de los controles y de la evidencia que de ellos se desprenda.

Conclusiones

De acuerdo a lo expuesto en los párrafos anteriores podemos evidenciar la importancia que radica el contar con una área dedicada exclusivamente a controlar las actividades rutinarias y que hacen a la institución, dándole la opción de tener un control sobre estas actividades y poder mejorar el funcionamiento en general de toda la institución, ya que el área de auditoría informática interna tendrá constantemente cubierta la parte de controles internos, permitiendo dotar de un seguimiento sistemático y controlado de las actividades que la institución desempeña como parte del rubro al que pertenece.

Esta situación ha llevado a que muchas empresas con activos muy importantes, se encuentren expuestas a graves problemas de seguridad y riesgos innecesarios, que en muchos casos comprometen información sensible y por ende su imagen.

Bibliografía

García, Alfonso – Alegre, María del Pilar (2011). Seguridad Informática. Paraninfo. España.

Hallberg Bruce A, (2003). "Fundamentos de redes", Editorial McGraw-Hill. Primera edición. México DF.

Kendall Kenneth E. (2005). "Análisis y diseño de sistemas", Editorial Pearson. Sexta edición.

Ochoa Ovalles, S. y Cervantes Sánchez, O. Seguridad informática. Contribuciones a las Ciencias Sociales. <http://www.eumed.net/rev/cccss/21/oocs.html>

Rosales Uriona Guido. (2002). Estrategias para la seguridad de la información. Editorial Yanapti. Primer edición. La Paz Bolivia.

Royer, Jean-Mark, (2004). Seguridad en la informática de la empresa. ENI. Barcelona España.

Maiwald Eric, (2005). "Fundamentos de seguridad en redes", Editorial McGraw-Hill, primera edición. México DF.

Telecomunicaciones en Bolivia. (1 de Febrero de 2015). Noticias de Tecnología y Telecomunicaciones. <http://www.telecombol.com/2015/02/las-empresas-tarjetas-se-quedan-en-el.html>

emagister.com Wikilearning Comunidades de Wikis Libres para Aprender. http://www.wikilearning.com/articulo/conociendo_a_l_sidunea-caracteristicas_tecnologicas/13402-3 www.eumed.net/rev/cccss/21/

NORMAS DE PUBLICACIÓN DE LA REVISTA CIENCIA SUR

Misión y Política Editorial

La Revista CIENCIA SUR, es una publicación semestral que realiza la Facultad de Ciencias y Tecnología - Universidad Autónoma Juan Misael Saracho con el objeto de difundir la producción de conocimientos de la comunidad universitaria, académica y científica del ámbito local, nacional e internacional, provenientes de investigaciones que se realizan en las distintas áreas del conocimiento de la Facultad.

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.

Por otro lado, se informa a toda la comunidad académica interesada en publicar sus trabajos en la Revista CIENCIA SUR, que se encuentra abierta la convocatoria para la recepción de artículos candidatos a ser publicados, en la edición del **Número 1**.

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 contiene cuatro apartados importantes: introducción, metodología, resultados y 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.

Revisión de temas 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.

De la postulación

Podrán participar en la presentación de artículos científicos: docentes, docentes investigadores y estudiantes investigadores de la Facultad de Ciencias y Tecnología - Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Revisión y evaluación de los artículos

El Comité Editorial de la Revista CIENCIA SUR procederá a realizar una revisión de las propuestas para validar que cumplen con los términos de la convocatoria. Asimismo, procederán a valorar y priorizar los artículos de **Revisión de Temas Académicos**, para su publicación.

Para los demás tipos de artículos serán sometidos a un proceso de evaluación por parte de expertos académicos y deberán cumplir con las normas de publicación establecidas por la Revista CIENCIA SUR (las normas de publicación se pueden solicitar en la Facultad de Ciencias y Tecnología).

Normas de publicación

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.). El tipo de letra debe ser Arial, 10 dpi interlineado simple. Los márgenes de la página deben ser, para el superior, inferior y el derecho de 2,5 cm., y para el izquierdo, 3cm.
- 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. Para los artículos de reflexión y revisión se tiene una extensión de 10 páginas. En el caso de los textos para los temas de revisión se tiene un máximo de 5 páginas.
- d. Los trabajos de investigación (artículos originales) deben incluir un resumen en idioma español y en inglés, de 250 palabras como máximo.
- e. En los trabajos de investigación científica y tecnológica, y en los artículos de revisión y revisión de temas deben incluirse de 3 a 5 palabras clave en cada caso.
- f. 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.

- g. La Revista CIENCIA SUR, solo recibe trabajos originales e inéditos, esto es que no hayan sido publicados en ningún formato 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 lo anteriormente mencionado.

5.2 Formato de Presentación

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

Título del Proyecto

El título del proyecto 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.

Hay que recordar que el resumen sintetiza economizando en espacio y tiempo, de tal manera que prescinde de las reiteraciones y de las explicaciones que amplían el tema. Pero debe poseer, todos los elementos presentes en el trabajo para impactar a los lectores y público en general.

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. No hay que incluir datos ni conclusiones del trabajo que se está dando a conocer.

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 intentará ofrecer sus propias opiniones sobre el tema, se insistirá en los aspectos novedosos e importantes del estudio y en las conclusiones que pueden extraerse del mismo. No se repetirán aspectos incluidos en las secciones de Introducción o de Resultados. En esta sección se abordarán las repercusiones de los resultados y sus limitaciones, además de las consecuencias para la investigación en el futuro. Se compararán las observaciones con otros estudios pertinentes. Se relacionarán las conclusiones con los objetivos del estudio, evitando afirmaciones poco fundamentadas y conclusiones avaladas insuficientemente por los datos.

Bibliografía Utilizada

La bibliografía utilizada, es aquella a la que se hace referencia en el texto, debe ordenarse en orden alfabético y de acuerdo a las normas establecidas para las referencias bibliográficas (Punto 5).

Tablas y Figuras

Todas las tablas o figuras deben ser referidas en el texto y numeradas consecutivamente con números arábigos, por ejemplo: Figura 1, Figura 2, Tabla 1 y Tabla 2. No se debe utilizar la abreviatura (Tab. o Fig.) para las palabras tabla o figura y no las cite entre paréntesis. De ser posible, ubíquelas en el orden mencionado en el texto, lo más cercano posible a la referencia en el mismo y asegúrese que no repitan los datos que se proporcionen en algún otro lugar del artículo.

El texto y los símbolos deben ser claros, legibles y de dimensiones razonables de acuerdo al tamaño de la tabla o figura. En caso de emplearse en el artículo fotografías y figuras de escala gris, estas deben ser preparadas con una resolución de 250 dpi. Las figuras a color deben ser diseñadas con una resolución de 450 dpi. Cuando se utilicen símbolos, flechas, números o letras para identificar partes de la figura, se debe identificar y explicar claramente el significado de todos ellos en la leyenda.

Referencias Bibliográficas

Las referencias bibliográficas que se utilicen en la redacción del trabajo; aparecerán **al final del documento y se incluirán por orden alfabético**. Debiendo adoptar las modalidades que se indican a continuación:

Referencia de Libro

Apellidos, luego las iniciales del autor en letras mayúsculas. Año de publicación (entre paréntesis). Título del libro en cursiva que para el efecto, las palabras más relevantes las letras iniciales deben ir en mayúscula. Editorial y lugar de edición.

Tamayo y Tamayo, M. (1999). El Proceso de la Investigación Científica, incluye Glosario y Manual de Evaluación de Proyecto. Editorial Limusa. México.

Rodríguez, G., Gil, J. y García, E. (1999). Metodología de la Investigación Cualitativa. Ediciones Aljibe. España.

Referencia de Capítulos, Partes y Secciones de Libro

Apellidos, luego las iniciales del autor en letras mayúsculas. Año de publicación (entre paréntesis). Título del capítulo de libro en cursiva que para el efecto, las palabras más relevantes las letras iniciales deben ir en mayúscula. Colocar la palabra, en, luego el nombre del editor (es), título del libro, páginas. Editorial y lugar de edición.

Reyes, C. (2009). Aspectos Epidemiológicos del Delirium. En M. Felipe y O. José (eds). Delirium: un gigante de la geriatría (pp. 37-42). Manizales: Universidad de Caldas

Referencia de Revista

Autor (es), año de publicación (entre paréntesis), título del artículo, en: Nombre de la revista, número, volumen, páginas, fecha y editorial.

López, J.H. (2002). Autoformación de Docentes a Tiempo Completo en Ejercicio. en Ventana Científica, N° 2. Volumen 1. pp 26 – 35. Abril de 2002, Editorial Universitaria.

Referencia de Tesis

Autor (es). Año de publicación (entre paréntesis). Título de la tesis en cursiva y en mayúsculas las palabras más relevantes. Mención de la tesis (indicar el grado al que opta entre paréntesis). Nombre de la Universidad, Facultad o Instituto. Lugar.

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 Económicas y Financieras. 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](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-](http://www.campus-oei.org/pensariberoamerica/index.html)

[oei.org/pensariberoamerica/index.html](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:

- a) De acuerdo a Martínez, C. (2004), la capacitación de docentes en investigación es fundamental para.....
- b) En los cursos de capacitación realizados se pudo constatar que existe una actitud positiva de los docentes hacia la investigación..... (Martínez, C. 2004).
- c) En el año 2004, Martínez, C. Realizó el curso de capacitación en investigación para docentes universitarios.....

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 gratuitamente 1 ejemplar de la revista donde se publica su trabajo.