



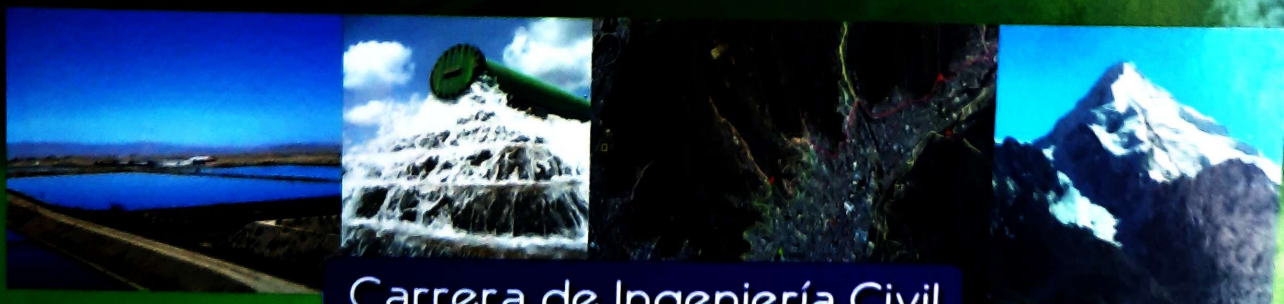
UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
RECTORADO – VICERRECTORADO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Nº 1 / 2013

Inf Revista



Carrera de Ingeniería Civil



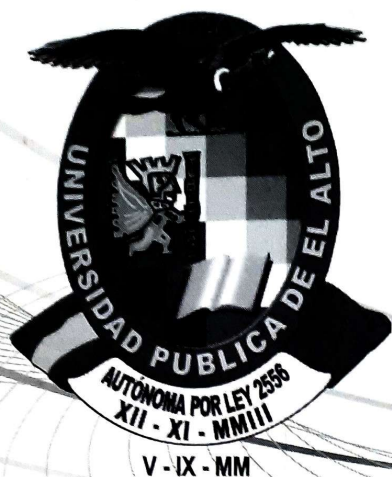
V - IX - MM



UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

RECTORADO - VICERRECTORADO

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

Ing. Rubén Tanio Cerron Cahuaya

RECTOR

Lic. Salvador Gonzalo Quispe Mamani

VICERRECTOR

DIRECCION INVESTIGACION CIENCIA Y TECNOLOGIA (DICyT)

DIRECTORA DICyT

Ing. Silvia Orieta Aquino Tarqui

EQUIPO TECNICO

Lic. Mgs. Mario Roque Quispe

Max German Calle Mamani

Silvia Quispe Kea

DIRECTOR DE CARRERA INGENIERIA CIVIL

Ing. Jaime Tito Quinteros Quisbert

ASOCIACION DE DOCENTES

CARRERA INGENIERIA CIVIL

Ing. Jaime Tito Quinteros Quisbert

Ing. William Marca Vargas

Ing. Enrique Chávez Velasquez

Ing. Justo Irusta Carvajal

Ing. Froilan Huanca Colque

Dra. Martha Gutierrez Vasquez

IMPRESIÓN Y DISEÑO: Indigo 2463587

Número depósito legal:

4-3-47-13

Dirección: Av. Sucre s/n Zona Villa
Esperanza

Teléfonos: (+591) 2-2844177 / (+591)
2-2845787

Fax: (+591) 2-2845800

www.upea.edu.bo

El Alto – Bolivia

2013

PRESENTACION

El crecimiento permanente de la población trae como consecuencia el aumento de las necesidades sociales, económicas y productivas que deben ser atendidas. Esta situación requiere la búsqueda de nuevas alternativas que viabilicen y contribuyan con la solución de los problemas emergentes.

Los sistemas social, económico y productivo en el Estado Plurinacional de Bolivia requieren una constante renovación e innovación que los fortalezcan. Ante esta realidad la Universidad Pública de El Alto cumple con su autoridad responsabilidad social a través de la realización de actividades impulsoras de investigación en ciencia y tecnología en las diferentes aéreas cognoscitivas que dan solución a los problemas y brindan una proyección promisoría hacia el futuro.

La Universidad Pública de El Alto se complace en presentar el trabajo asesorado por la Dirección de Investigación, Ciencia y Tecnología en coordinación directa con la carrera de Ingeniería Civil a través de la Dirección de Carrera y Asociación de Docentes, plasmado en la presente revista de Ciencia y Tecnología que contiene los artículos elaborados por investigadores docentes y estudiantes de esta casa superior de estudios, con la finalidad de poner en conocimiento de la comunidad académica y científica, los avances y resultados de las investigaciones científicas orientadas al progreso social, económica y productivo.

Los nuevos resultados expuestos en los artículos científicos de la presente revista, reflejan la seriedad y veracidad de los trabajos publicados, sustentados en la aplicación de métodos valederos en la investigación científica; no obstante, la integridad de la información científica expuesta es de responsabilidad exclusiva de los autores.

Ing. Silvia O. Aquino Tarqui

DIRECTORA DICYT

Ing. Rubén T. Cerron Cahuaya

RECTOR

Aspectos Históricos

Los pueblos y naciones indígena-originarias, campesinos y sectores populares, desde el siglo XV hasta el siglo XX, lucharon por su propia autodeterminación en contra de la discriminación social, explotación económica y dominación política de carácter colonial, capitalista e imperialista. El pueblo alteño, heredero de esta lucha por su emancipación, tomó medidas de hecho para recuperar los recursos naturales, así como lograr la formación académica y científica de su juventud, derrotando a la opresión y al poder político pro-imperialista. En la actualidad, la nación Aymara y el pueblo de El Alto se han constituido en el referente de la transformación nacional.

En este contexto, la UPEA fue creada mediante Ley N° 2115 de fecha 5 de septiembre del 2000 como Universidad Pública, sin respetar las disposiciones de la Constitución Política del Estado. Sin embargo, su consolidación como universidad autónoma demandó de profesionales y estudiantes con un alto grado de consciencia revolucionaria, quienes no dudaron en enfrentarse al poder político de entonces. Posteriormente, mediante Ley N° 2556 de fecha 12 de noviembre de 2003, se le concede plena autonomía universitaria conforme al mandato constitucional, para cuyo efecto la comunidad universitaria en pleno se movilizó junto a su pueblo de El Alto con valor, coraje y sangre hasta lograr la expulsión del gobierno neoliberal de ese entonces lo cual posibilitó la Agenda de Octubre 6 concretizándose en la elección de un, gobierno indígena y la instalación de la Asamblea Constituyente. Bajo esos antecedentes la UPEA continuará con esa herencia de lucha por la emancipación de su pueblo.

Mediante Resolución No. 02/2009 de fecha 21 de abril de 2009 del XI Congreso Nacional de Universidades de la Universidad Boliviana, es incorporada al seno del Sistema de la Universidad Boliviana.

Encargo Social

La UPEA consciente de las tareas fundamentales, necesariamente debe hacer cumplir el mandato constitucional, consistente en que la educación

es la más alta función del Estado y un derecho de todos los ciudadanos. Asimismo, los saberes universales-ancestrales científicos son parte del conocimiento que toda sociedad contemporánea tiene derecho a adquirir, crear y desarrollar; esta es la función que la Universidad Pública de El Alto debe cumplir en cada una de sus áreas creadas y por crearse.

El encargo social se sintetiza en que la UPEA debe detectar, analizar y resolver científicamente los problemas políticos, económicos y sociales de su pueblo en su vínculo estrecho entre universidad y sociedad.

Aspectos Tecnológicos y Científicos

Con el propósito de cumplir las tareas académicas y científicas, la institución, en cada una de sus carreras, debe encarar sus potencialidades en el acervo bibliográfico, laboratorios, talleres de prácticas, institutos de adiestramiento y de investigación, acordando convenios interinstitucionales nacionales e internacionales para la transferencia tecnológica, asistencia técnica, investigación científica, intercambio de recursos humanos en concordancia con la ley de fomento a la ciencia y tecnología para la industrialización de los recursos naturales en forma racional y sostenible a partir de líneas de investigación adecuadamente determinadas que generen bienestar y prosperidad a los bolivianos.

Naturaleza Jurídica e Institucional

La Universidad Pública de El Alto es una institución de educación superior, científica, productiva, autónoma, pública, laica, gratuita, multinacional y pluricultural. Forma parte del sistema de la Universidad Pública Boliviana en igualdad de derechos, condiciones y de jerarquía con las restantes universidades públicas autónomas, en conformidad al Artículo 92 de la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia.

MISIÓN

Formar profesionales integrales altamente calificados en todas las disciplinas del conocimiento científico tecnológico, con consciencia crítica y reflexiva; capaz de crear, adaptar y transformar la realidad en la que

vive; desarrollar la investigación productiva para fomentar el desarrollo local, regional y nacional para que responda al encargo social y las necesidades de las nacionalidades de manera eficiente y oportuna hacia la transformación revolucionaria de la sociedad.

VISIÓN

La Universidad Pública de El Alto es una institución que se proyecta al desarrollo de sus actividades académicas productivas, científicas, tecnologías de interacción social contemporáneas para priorizar la investigación científica en todos los campos del conocimiento, relacionando la teoría con la práctica para transformar la estructura económica, social, cultural y política vigente a favor de las naciones originarias y clases populares

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA (DICyT)

El Estatuto Orgánico de la Universidad Pública de El Alto, en el Art. 15 establece que la UPEA es Científica, porque genera conocimiento a través de la investigación en todos sus niveles, utilizando la ciencia y las tecnologías modernas para adecuarla a nuestra realidad. Es una universidad que en el campo de la ciencia y la tecnología tiene la misión de revalorizar, recuperar, crear y proyectar los conocimientos y las culturas de los pueblos originarios para plantear propuestas de solución a los distintos problemas locales, departamentales y nacionales.

La Dirección de Investigación, Ciencia y Tecnología (DICyT) en correspondencia al Estatuto Orgánico de la Universidad Boliviana y el Estatuto Orgánico de la UPEA, es la encargada de organizar, coordinar, promover, evaluar, hacer seguimiento y normar el sistema de investigación, ciencias y tecnología en la Universidad Pública de El Alto.

Objetivos

- Desarrollar el sistema de investigación científica y tecnológica de la Universidad Pública de El Alto.
- Definir un conjunto de normas y procedimientos que regulen el desarrollo de programas prioritarios de investigación

científica y tecnológica en la Universidad Pública de El Alto.

- Vincular la gestión de la investigación científica y tecnológica a los problemas locales, regionales y departamentales.
- Fortalecer la integración de la investigación científica y tecnológica a través del proceso de aprendizaje en las carreras de la Universidad Pública de El Alto.

La función de la UPEA es desarrollar procesos de formación profesional de generación y divulgación de conocimientos orientados al desarrollo integral de la sociedad, para lo cual toma los conocimientos universales y los saberes colectivos de las naciones y pueblos indígena originario campesinos (Art. 91, CPE). La UPEA a través de la DICyT debe detectar, analizar y resolver científicamente los problemas políticos, económicos y sociales de su pueblo en su vínculo estrecho entre universidad y sociedad; desarrollar y difundir ciencia, tecnología y cultura dentro y fuera de la universidad.

La Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología tiene la finalidad de hacer tangible el aporte al desarrollo económico y social, sustentable de las regiones y del país, con actividades de investigación científica e innovación tecnológica

A la fecha, la Universidad Pública de El Alto cuenta con normas y procedimiento que regulan la actividad investigativa y tecnológica. Asimismo, los institutos de investigación de las diferentes carreras de la UPEA han logrado establecer sus políticas y líneas de investigación científica con la participación de docentes y estudiantes para desarrollar investigaciones en diferentes campos y áreas de las ciencias.

De esta manera, la DICyT cumple con dos de sus objetivos planteados, el de desarrollar la investigación científica y tecnológica en la UPEA y la de definir un conjunto de normas y procedimientos para llevar a cabo programas de investigación científica y tecnológica.

Presentamos a la sociedad científica el presente documento que permite a la UPEA establecer el rumbo de la investigación científica en las diferentes áreas del conocimientos reflejadas en las carreras y que constituye el norte en la investigación que coadyuve a la solución de problemas de nuestro entorno, siendo éste el aporte de la universidad a la sociedad en su conjunto.

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

Antecedentes

La Universidad Pública de El Alto fue creada mediante Ley N° 2115 de fecha 5 de septiembre de 2000 como Universidad Pública sin respetarse las disposiciones de la Constitución Política del Estado. Sin embargo su consolidación en Universidad Plena ha demandado de profesionales y estudiantes con conciencia revolucionaria. Mediante la ley N° 2556 de fecha 12 de noviembre de 2003, se concede plena autonomía universitaria conforme al mandato constitucional de la República. La carrera de Ingeniería Civil comenzó sus actividades en los previos de Villa Esperanza, iniciándose así el primer curso preuniversitario de esta Universidad. Esta carrera fue una de las primeras en consolidarse en el área de Ingeniería.

La Carrera de Ingeniería Civil de la U.P.E.A. tiene como objetivo la formación de profesionales capaces de enfrentar con solvencia diversos problemas de la especialidad, dando las respectivas soluciones a las múltiples situaciones que requieren, de los conocimientos en Ingeniería Civil. Para el cometido de lo expuesto se imparte en la carrera materias que facultan a los estudiantes para solucionar a través de sus conocimientos problemas de la realidad, y a su vez permite al graduado el enriquecimiento de sus conocimientos a través de la experiencia derivada de su aplicación en el ejercicio profesional.

Principios

Los principios se enmarcan en los del Sistema Universitario Público Boliviano y los de la Institución (UPEA), que establece en su Art. 6 del Estatuto Orgánico mencionan los siguientes:

- Autonomía universitaria plena.
- Cogobierno paritario docente – estudiantil.
- La igualdad de jerarquía institucional en el Sistema Universitario.

- La democracia universitaria.
- Planificación y coordinación paritaria.
- La libertad de pensamiento, de expresión y asociación.
- El carácter científico y tecnológico.
- La inviolabilidad de los recintos universitarios.
- El carácter multinacional y antiimperialista.
- El carácter fiscal y gratuito de la universidad.
- El carácter ético integral.
- La cátedra libre y la cátedra paralela.
- La libertad de estudio e investigación.

Complementariamente se establecen los siguientes principios:
Igualdad y equidad.

Formación de un profesional integral y crítico. Capacitado en el conocimiento científico y tecnológico.

Profesionales de calidad, identificados con las aspiraciones de la población.

Objetivos

El objetivo de la carrera de Ingeniería Civil es la aplicación de los principios de la física a la concepción, diseño y construcción de proyectos de infraestructura, los cuales están dirigidos al beneficio de la sociedad.

La Ingeniería civil es la más antigua de todas la ingenierías. De ellas se han desprendido las diversas ramas que hoy en día se conocen. Es la encargada de concebir y desarrollar la infraestructura del país por tanto maneja los más altos presupuestos de la inversión pública. Complementando con los siguientes objetivos específicos:

- Formar ingenieros civiles con conocimientos técnico-científico, con habilidades y destrezas para intervenir en la solución de los problemas regionales, nacionales e internacionales relacionados con la ingeniería civil.
- Formar profesionales capacitados, creativos, innovadores, que participen activamente en el desarrollo de la región y a nivel nacional.

- Contar con valores éticos, morales y compromiso social con la población en general.
- Establecer parámetros de calidad que fijen el norte hacia el que se dirigirá la carrera en el corto y mediano plazo.
- Desarrollar el proceso de formación y capacitación de recursos humanos en el ámbito de la Ingeniería Civil.
- Formación de profesionales con valores éticos, morales y compromiso social con la sociedad.
- Prestar servicios de Ingeniería a la comunidad en general para el desarrollo económico y social de la región.
- Contribuir al desarrollo integral de la región y del país principalmente en el campo de la Ingeniería con Ingenieros Civiles de calidad y excelencia.
- Vinculación fluida de relación y cooperación interinstitucional a nivel Local, Nacional e Internacional para el intercambio de experiencias académicas e investigación.

Perfil profesional

Las competencias en las respectivas especialidades que el estudiante puede lograr en el desarrollo de su formación profesional son las siguientes:

- Orientación Estructuras
- Orientación Geotecnia
- Orientación Hidráulica
- Orientación Vías y Transporte
- Orientación Sanitaria y Medio Ambiente

Misión

Formar profesionales idóneos, de reconocida calidad moral científica y tecnológica, competentemente actualizados y capaces de utilizar eficientemente los recursos humanos, materiales y logísticos para contribuir con creatividad a la solución de los problemas de saneamiento, medio ambiente, infraestructura y comunicación vial, con tecnologías locales y de punta a objeto del logro de excelencia, para el crecimiento y desarrollo de su entorno y del país.

Visión

Lograr prestigio y reconocimiento local y nacional por la calidad de los procesos de enseñanza – aprendizaje, investigación e interacción social, aportando en la formación de los futuros profesionales constructores del desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

AGRADECIMIENTOS

La Asociación de Docentes de la Carrera de Ingeniería Civil agradece la participación y colaboración de todos los docentes autores de los diferentes artículos que se plasman en esta primera revista especializada de ingeniería civil y ciencias del medio ambiente, invitando también a ser partícipes a docentes de carreras afines a nuestra especialidad.

También agradecimientos especiales a nuestras autoridades universitarias como ser el rectorado y el vicerrectorado para el apoyo a través de la Dirección de Investigación, Ciencia y Tecnología (DICyT).

Y naturalmente, agradecimientos a todos nuestros compañeros universitarios que nos impulsaron para la consolidación de esta revista, la cual será un referente académico e institucional de aquí hacia adelante.

Contenido

TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	15
Alternative technologies in the treatment of residual waters	

DIAGNOSTICO DE LAS EPSAS SEGUN SU CAPACIDAD PARA LA APLICACION DE LA NORMA BOLIVIANA NB 512.....	23
Diagnostic of the EPSAS according to their capacity for the bolivian norm's application NB 512	

USO DE LA ENERGIA NUCLEAR EN LA SUPERVISION Y CONTROL DE OBRAS DE INGENIERIA CIVIL.....	35
Use of the nuclear energy in the supervision and control de works of civil engineering	

DAÑOS EN LA CONSTRUCCION CON PAVIMENTOS FLEXIBLES Y MANTENIMIENTO DE SUPERFICIES DE RODAMIENTO.....	41
--	-----------

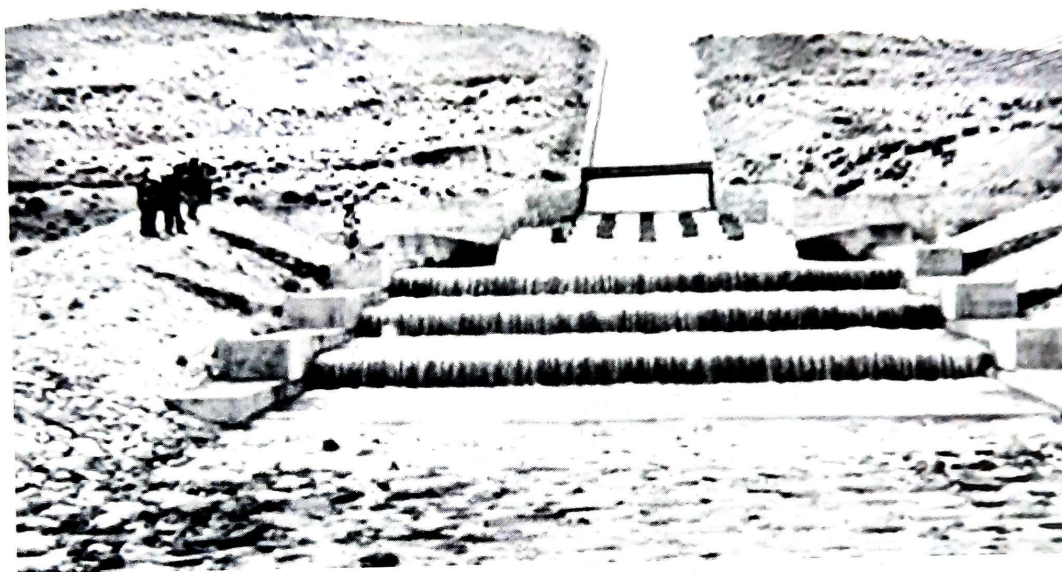
Damages in the construction with flexible pavements and maintenance of road surfaces

ESTUDIO GEOLOGICO DEL ESTADO DE LA SUBCUENCA DE ALPACOMA DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ.....	57
Study geologic of the state of the sub basin de Alpacoma of the department of La Paz	

ESTUDIO DE BIOINDICADORES Y BIOENSAYOS DE LA CALIDAD DEL AGUA Y CAMBIO CLIMÁTICO EN CARMEN PAMPA.....	63
Study de bioindicators and biotests of the quality of the water and climatic change in Carmen Pampa	



UPEA



CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

inge revista

EDITORIAL

El 2000 se crea la Carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Pública de El Alto con el objetivo de formar jóvenes profesionales que se desenvuelvan en nuestro medio, comenzó sus actividades en los previos de Villa Esperanza, iniciándose así el primer curso preuniversitario de esta Universidad. Esta carrera fue una de las primeras en consolidarse en el área de Ingeniería.

La Carrera de Ingeniería Civil tiene como objetivo la formación de profesionales capaces de enfrentar con solvencia diversos problemas de la especialidad, dando las respectivas soluciones a las múltiples situaciones que requieren, de los conocimientos en Ingeniería Civil.

Para el cometido de lo mencionado se imparte en la carrera materias que facultan a los estudiantes para solucionar a través de sus conocimientos problemas de la realidad y a su vez permite al graduado el enriquecimiento de sus conocimientos a través de la experiencia derivada de su aplicación en el ejercicio profesional.

Siempre se construirán obras civiles en las diferentes especialidades como ser: puentes, edificios, redes de agua potable y alcantarillado, carreteras, obras hidráulicas, plantas de tratamiento de aguas residuales, represas, canales, muros de contención, estructuras de madera, estructuras metálicas; los cuales son una necesidad básica para el desarrollo de nuestra sociedad.

Esta gestión de 2013 se da inicio a la elaboración de nuestra revista especializada, mediante la iniciativa de docentes y estudiantes de nuestra carrera para resaltar el aspecto dinámico de la ciencia y tecnología, en este primer número, realizado con el esfuerzo moral y material de nuestros docentes se expone brevemente el radio de acción de la investigación y esperamos plasmar muy pronto la segunda parte de nuestra revista.

"Gens una sumus"

Ing. William Marca Vargas
Asociación de Docentes
Carrera de Ingeniería Civil

Ing. Jaime Quinteros Quisbert
Director de Carrera
Ingeniería Civil

AREA
INGENIERIA CIVIL Y MEDIO AMBIENTE



TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Alternative technologies in the treatment of residual waters

Quinteros, Quisbert Jaime Tito¹

Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Pública de El Alto, Villa Esperanza km 15, Ciudad de El Alto, Bolivia.

1 Ingeniero Civil, Docente de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Pública de El Alto.

Abstract

Due to climate change, the sources of freshwater are declining, therefore it is necessary to adopt policies and technologies for preserving this vital element for the survival of humanity. One of the main factors for the pollution of water bodies is the inadequate handling of wastewater, which is necessary to develop new technologies that improve the quality of wastewater treatment.

One of these technologies, it is the sewage treatment system using aquatic plants, which can be applied in small towns and medium. This system is simple, easy to apply and do not require chemicals for its operation; do not cause environmental impact and are productive

KEYWORDS: Pollution, sewage, new technologies, treatment systems, natural purification, food chain, aquatic organisms, hydraulic detention, organic load, hydraulic load, biological removal

RESUMEN

Debido al cambio climático, las fuentes de agua dulce se van reduciendo, por tanto es necesario adoptar políticas y tecnologías para preservar este vital elemento para la subsistencia de la humanidad.

Uno de los factores principales para la contaminación de los cuerpos de agua, es el manejo inadecuado de las aguas residuales, por lo cual es necesario desarrollar nuevas tecnologías que mejoren la calidad del tratamiento de las aguas residuales.

Una de estas tecnologías, es el sistema de tratamiento de aguas residuales utilizando plantas acuáticas, que puede ser aplicado en poblaciones pequeñas y medianas.

Este sistema es sencillo, de fácil aplicación y no requieren productos químicos para su funcionamiento; no causan impacto ambiental y son productivos

PALABRAS CLAVES: Contaminación, aguas residuales, nuevas tecnologías, sistemas de tratamiento, depuración natural, cadena trófica, organismos acuáticos, detención hidráulica, carga orgánica, carga hidráulica, remoción biológica.

1. INTRODUCCION.

Debido al incremento en la contaminación de los cuerpos de agua, por el manejo inadecuado de las aguas residuales. Ante esta situación se vio necesario desarrollar nuevas tecnologías que coadyuven a mejorar la calidad de las aguas residuales.

En vista que los tratamientos de agua residual convencionales son tecnologías caras, en los últimos años se ha experimentado el uso de plantas acuáticas en el tratamiento de los residuos líquidos que permite la posibilidad de remover ciertos contaminantes específicos.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales con plantas acuáticas, fueron diseñados en los países industrializados de Europa y Norteamérica.

Los sistemas de depuración natural se usan desde tiempos antiguos, sobre todo en las zonas cálidas y subtropicales de Asia. Estos sistemas son sencillos, de fácil aplicación y no requieren productos químicos para su funcionamiento; además, se adaptan al entorno, sin causar impacto ambiental y al mismo tiempo son productivos.

El funcionamiento básico de este tipo de tratamiento de las aguas residuales consiste en establecer una cadena trófica usando como fuente principal de alimento la carga contaminante del agua, normalmente debida a un exceso de materia orgánica en el agua. Esta carga contaminante es consumida y degradada por los organismos acuáticos (bacterias, plancton, plantas o algas, etc.).

2. METODOLOGIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Debido a la contaminación que se esta dando últimamente del recurso natural Agua por el vertido de las aguas residuales sin tratamiento a los cuerpos de agua, se han buscado alternativas nuevas para el tratamiento de las aguas residuales.

Una de las alternativas usadas de manera natural es el uso de plantas acuáticas en el tratamiento de aguas residuales. En muchos países la tecnología del tratamiento de aguas residuales con el uso de plantas acuáticas se esta usando de manera más efectiva que en nuestro país. La

implementación de sistemas de tratamiento de agua residual con plantas acuáticas son de bajo costo en relación con los sistemas de tecnología convencional.

En la bibliografía, se puede encontrar que las plantas acuáticas son consideradas una plaga, debido a su rápido crecimiento, lo cual ocasiona la eutrofización de los cuerpos de agua. Sin embargo, si las plantas acuáticas se manejan adecuadamente, su poder de proliferación, capacidad de absorción de nutrientes y bioacumulación de otros compuestos del agua, las convierten en una herramienta útil en el tratamiento de aguas residuales.

Entre las plantas acuáticas que se usan en el tratamiento de agua residual, se encuentran: los jacintos de agua, lentejas de agua, plantas sumergidas, juncos, espadañas, totora, etc.

Los sistemas de jacintos y lentejas de agua se han utilizado para la eliminación de algas de los efluentes de lagunas y estanques de estabilización mientras que los sistemas de jacintos de agua también se han diseñado para proporcionar niveles de tratamientos secundarios y avanzados.

Los principales parámetros de diseño de los sistemas de plantas acuáticas incluyen el tipo de detención hidráulica, la profundidad de agua, la geometría de las lagunas, la carga orgánica, y la carga hidráulica. En lo que sigue, también se tiene en cuenta la cinética del proceso.

El proceso del tratamiento de las Plantas acuáticas, es el de actuar como filtros naturales, generalmente se coloca este tipo de tratamiento antes de verter el agua tratada a cuerpos de agua como son los ríos, lagos, lagunas, etc. La gran ventaja del sistema de tratamiento de aguas residuales con plantas acuáticas es que no necesita mantenimiento especializado, no consume energía eléctrica, aproximadamente cuesta menos que la cuarta parte de un sistema de tratamiento tradicional.

Es importante que para realizar el tratamiento con plantas acuáticas, el agua residual tenga un tratamiento preliminar, primario y secundario, esto a que las cargas de materia orgánica, no deben ser altas, ya que la sobresaturación de materia orgánica podría causar la muerte de las plantas acuáticas.

El tratamiento de aguas residuales con plantas acuáticas sumergidas, se caracteriza por el hecho de absorber oxígeno, dióxido de carbono y minerales del agua, así como los nutrientes, los cuales son absorbidos por las plantas acuáticas como alimento. Entre los procesos que se tienen en un sistema de tratamiento de aguas residuales con plantas acuáticas son:

Proceso de remoción física, es este proceso, este tipo de tratamiento, tiende a tender una alta eficiencia física.

Proceso de remoción biológica, este proceso es el más importante en el sistema de plantas acuáticas, eliminando los contaminantes en forma de nutrientes esenciales para las plantas tales como nitrato, amonio y fosfato, son absorbidos fácilmente por las plantas acuáticas. Procesos de remoción químicos, que es la absorción, que da lugar a la retención a corto plazo o a la inmovilización a largo plazo de varios tipos de contaminantes.

Las plantas acuáticas más utilizadas en el tratamiento de aguas residuales son las lentejas de agua o Duckweed, se denomina de esta manera debido a su apariencia a la lenteja. Este tipo de planta ha sido utilizada en varios países, entre los cuales se encuentra Bangladesh, Estados Unidos, Colombia Perú y Bolivia. Este tipo de planta también puede utilizarse como alimento para aves y peces, ya que contiene hasta un 50% de contenido proteico.

OBJETIVOS

Objetivo General

El objetivo principal al diseñar una depuradora natural es someter el agua a diferentes condiciones ambientales dentro del sistema: variaciones de temperatura, de concentración de oxígeno, de pH, de incidencia solar, etc. Eso permite que los sistemas tengan una gran versatilidad y capacidad para depurar distintos tipos de contaminantes, los cuales, a su vez, son eficaces en la eliminación de patógenos.

Objetivo Especifico

Los problemas de saneamiento y abastecimiento de aguas detectados en la región de Moxos se

deben a la falta de redes de evacuación de aguas residuales y al uso generalizado de letrinas (pozos ciegos); esto ha creado una situación de riesgo de contaminación de las aguas de consumo por infiltración.

ANALISIS Y VALORACION DE LA PROPUESTA

Fundamento Teórico

a) Plantas acuáticas en el Tratamientos de aguas residuales

Los sistemas de plantas acuáticas están en los estanques poco profundos como plantas acuáticas flotantes o sumergidas. Los sistemas más completamente estudiados son aquellos que usan la lenteja de agua. Estos sistemas incluyen dos tipos basado en tipos de plantas dominantes. El primer tipo usa plantas flotantes y se distingue por la habilidad de estas plantas para derivar el dióxido carbono y las necesidades de oxígenos de la atmósfera directamente. Las plantas reciben sus nutrientes minerales desde el agua.

El segundo tipo de sistema consiste en plantas sumergidas, se distingue por la habilidad de estas plantas para absorber oxígeno, dióxido de carbono, y minerales de la columna de agua. Las plantas sumergidas se inhiben fácilmente por la turbiedad alta en el agua porque sus partes fotosintéticas están debajo del agua.

b) Humedales Artificiales

Un humedal artificial es un sistema de tratamiento de agua residual (estanque o cauce) poco profundo, no mas de 0.60 mts, construido por el hombre, en el que se han sembrado plantas acuáticas, y contado con los procesos naturales para tratar el agua residual. Los humedales artificiales o wetlands construidos tienen ventajas respecto de los sistemas de tratamiento alternativos, debido a que requieren poca o ninguna energía para funcionar. Si hay suficiente tierra barata disponible cerca de la instalación de los wetlands de cultivo acuático, puede ser una alternativa de costo efectivo. Los humedales artificiales o wetlands proporcionan el hábitat para la vida silvestre, y son, estéticamente, agradables a la vista.

- 1) Las plantas pueden ser utilizadas como bombas extractoras de bajo costo para depurar aguas contaminadas.
- 2) Algunos procesos degradativos ocurren en forma más rápida con plantas que con microorganismos.
- 3) Es un método apropiado para descontaminar superficies grandes o para finalizar la descontaminación de áreas restringidas en plazos largos.

Limitaciones:

- 1) El proceso se limita a la profundidad de penetración de las raíces o aguas poco profundas.
- 2) Los tiempos de proceso pueden ser largos.
- 3) La biodisponibilidad de los compuestos o metales es un factor limitante en la captación.

Las plantas pueden incorporar las sustancias contaminantes mediante distintos procesos que se representan en la siguiente ilustración y se explican en la tabla 1.2.

Las actividades humanas han dado y siguen dando origen a varios tipos de humedales de interés para algunas especies vegetales.

— Procesos de remoción físicos:

Los humedales artificiales son capaces de proporcionar una alta eficiencia física en la remoción de contaminantes asociado con material particulado.

— Procesos de remoción biológicos:

La remoción biológica es quizá el camino más importante para la remoción de contaminantes en los humedales artificiales. Extensamente reconocido para la remoción de contaminantes en los estos humedales es la captación de la planta. Los contaminantes que son también formas de nutrientes esenciales para las plantas, tales como nitrato, amonio y fosfato, son tomados fácilmente por las plantas de estos humedales.

— Procesos de remoción químicos:

El proceso químico más importante de la remoción de suelos de los humedales artificiales es la absorción, que da lugar a la retención a corto plazo o a la inmovilización a largo plazo de varias clases de contaminantes.

Principales Procesos de Funcionamiento del Sistema: Caso San Ignacio de Moxos

La ciudad de San Ignacio, con una población de 7.000 habitantes, carece sin embargo de redes de cloacas: las aguas residuales urbanas se vierten en zanjales a cielo abierto que desaguan en la Laguna Isirere, de la que a su vez se extrae el agua de consumo por simple bombeo y sin ningún tipo de tratamiento de potabilización. Esta situación genera una grave epidemia de parasitosis intestinal crónica, con índices superiores al 63,6% de diarreas agudas en el total de población de San Ignacio, que afectan fundamentalmente a la población infantil.

En el año 2000 se construyó un módulo de depuración de aguas residuales mediante sistemas de depuración natural en el Internado Arajuruana de San Ignacio de Moxos.

La mayoría de los estudiantes de este internado provienen de las comunidades indígenas de la provincia de Moxos, de familias pobres con pocos recursos económicos y que dependen de una agricultura de subsistencia

Características del agua del Internado Arajuruana:

Población: 100 personas equivalentes.

Caudal: 9 m³.

DBO entrante: 600g/día de DBO₅.

Las aguas residuales del Internado proceden de los baños, las duchas y la cocina; por lo tanto, la carga contaminante es básicamente orgánica y el agua no lleva ningún tipo de contaminante duro.

a) Elementos del sistema

a.1 Fosa séptica

En la fosa se produce una separación de las grasas y los sólidos. Presenta dos cámaras donde se precipitan los sólidos en suspensión.

En esta primera fase se produce una digestión anaeróbica de la materia orgánica contenida en el agua, transformando la materia orgánica en forma de mineral asimilable.

a.2 Laguna anaeróbica

Esta laguna presenta unas condiciones de anaerobiosis en toda la columna de agua excepto en los primeros centímetros de la superficie; de

este n
genera

La digi
primer
en poc
La tas
Biologi
puede

La asin
la degr
parte c
utilizan

Las plar
el tarop
que cub
condicio
marginale
amplixi
que se
y contri
superfici

a.3 Lagu
Esta lagu
de este r
de luz e
desinfecc
de los co
nutriente

La extrac
plantas r
sumergid.

a.4 Lagun
La laguna
profunda
marginale
de emplea

a.5 Uso d
La introdu
crassipes e
que los nut
del agua p
residual
fosfatos, e
crecimiento
aumenta la
de los sólido
también los

este modo se evitan los posibles malos olores generados por la fermentación.

La digestión anaeróbica que se produce en esta primera laguna permite reducir la carga orgánica en poco tiempo y eliminar sólidos en suspensión. La tasa de reducción de la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y de sólidos en suspensión puede ser superior al 70%.

La asimilación de los nutrientes, resultantes de la degradación de la materia contaminante por parte de las bacterias, la realizan plantas que utilizan esos nutrientes para su crecimiento.

Las plantas acuáticas presentes en el sistema son el tarope (*Eichhornia crassipes*), planta flotante que cubre la superficie de la laguna para obtener condiciones de anaerobiosis, y otras plantas marginales, como la cañuela (*Hymenache amplexicaulis*) y el arrozillo (*Echinochloa* sp.), que se ponen en los márgenes de la laguna y contribuyen a aportar oxígeno a la capa superficial del agua.

a.3 Laguna de maduración

Esta laguna es menos profunda que la anterior; de este modo se consigue maximizar la entrada de luz en la columna de agua ayudando a la desinfección. Se dan procesos de degradación de los compuestos solubilizados y extracción de nutrientes presentes en el agua.

La extracción de nutrientes es efectuada por las plantas marginales y la oxigenación, por planta sumergidas.

a.4 Laguna de Estabilización

La laguna de estabilización es un poco menos profunda que la anterior y no tiene plantas marginales; se logra así estabilizar el agua antes de emplearla para riego.

a.5 Uso del Tarope

La introducción de la planta flotante *Eichhornia crassipes* en el sistema de depuración permite que los nutrientes sean absorbidos directamente del agua por las raíces de la planta. El agua residual lleva compuestos nitrogenados, fosfatos, etc., que el tarope necesita para su crecimiento. El uso controlado de estas plantas aumenta la capacidad de reducción de la DBO₅ y de los sólidos en suspensión. Además, disminuye también los patógenos del agua.

La biomasa vegetal generada a partir del tarope tiene múltiples aplicaciones; como fertilizante, forraje para animales, generación de biogás.

a.6 Descripción y Biología del Tarope

Familia Pontederiaceae.

Especie *Eichhornia crassipes*

Figura 1 Dibujo de la planta de tarope

Planta acuática perenne, flotante libre. Presente en aguas dulces estancadas, estanques, lagunas, canales y arroyos. Originaria de la Cuenca Amazónica.

Las raíces son numerosas y tienen un aspecto plumoso. Las hojas son gruesas y brillantes y los pecíolos están hinchados en su parte media-basal, debido a que en su interior se forma tejido aerenquimático para permitir la flotación de la planta.

Las flores nacen en inflorescencia terminal, en el ápice del tallo, y presentan una coloración púrpura o lilácea con manchas amarillas.

La reproducción de la *Eichhornia crassipes* puede ser vegetativa o sexual. La propagación vegetativa es muy importante por su gran capacidad de expansión y colonización; se realiza mediante la formación de estolones o tallos horizontales en cuyo extremo se forma una nueva planta con raíces y hojas.

a.7 El Tarope en Moxos

El tarope es originario del Amazonas, pero actualmente se encuentra extendido por todo el mundo, sobre todo como planta ornamental. En muchos lugares es considerado una plaga, pues, debido a su gran capacidad de colonización y expansión, puede crear problemas de drenaje de canales, desplazar especies autóctonas, etc. En los Llanos de Moxos, sin embargo, el tarope tiene un hábitat favorable, y no causa ningún problema. Las condiciones ambientales y la competencia creada por otras plantas acuáticas lo mantienen en equilibrio dentro del ecosistema.

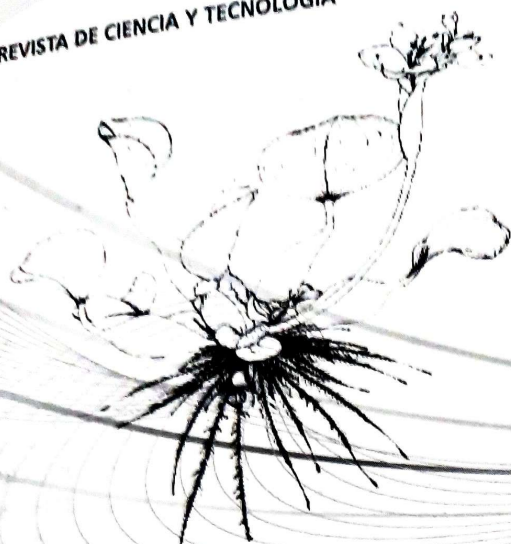


Figura 1 Planta de Tarope

Aunque el término "tarope" puede emplearse para aludir a todas las plantas flotantes acuáticas, con rigor designa al jacinto de agua. Localmente la planta es conocida con otros nombres relacionados con el uso tradicional que se hacía de ella. También se la conoce como "ichebe", hierba que da sal, o "chevijí", tallo tierno de sal; de ahí el nombre del río Chevejecure (río del Tarope).

Resultados Obtenidos de los Análisis

Los análisis efectuados hasta el momento son parciales y comparan el agua de entrada con la de la salida de la laguna anaeróbica. Los resultados obtenidos en la reducción de los contaminantes durante el proceso de depuración, realizados en dos años consecutivos. Se llevaron a cabo con la colaboración de los Laboratorios de SAGUAPAC, Cooperativa de Servicios Públicos Santa Cruz, LTDA.

Los parámetros de conductividad, sólidos en suspensión y fosfatos se han reducido casi a la mitad entre la concentración inicial y la primera muestra. En el caso del segundo análisis, existe una variación en los sólidos en suspensión, que pasan de 42 mg/l a 55 mg/l; este aumento puede deberse a un mal mantenimiento del sistema, por no extraer las plantas de tarope o por las lluvias típicas de esta época.

La DQO (Demanda Química de Oxígeno) indica la materia orgánica presente en el agua mediante la oxidación química de los compuestos. La reducción es de alrededor de un 70%, lo cual indicaría que la materia orgánica contaminante ha sido degradada y metabolizada por bacterias

y aprovechada por el tarope. En la segunda muestra se analizó la DBO₅; también en este caso se apreció una gran reducción (73,6%), aunque podría haberse producido alguna pequeña variación de los datos reales debido al tiempo empleado para el traslado de las muestras al laboratorio (24h).

La reducción de los coliformes totales y fecales es considerable, lo cual revela que la *Eichhornia crassipes* tiene un gran poder para eliminar patógenos del agua. Aunque estos análisis no permiten conocer la eficacia total del sistema en la reducción de patógenos (como se ha dicho, sólo se ha podido analizar el agua de salida de la laguna anaeróbica), los resultados hacen suponer que la eliminación es mayor una vez el agua ha pasado por todo el sistema.

La ausencia de nitratos es debida a las condiciones de anaerobiosis: al no haber oxígeno, no pueden darse las reacciones de oxidación del amonio. La ausencia de oxígeno disuelto, o su presencia en una concentración indetectable, se debe a que la laguna está cubierta por el tarope, que la deja anaeróbica.

b) Reutilización de las Aguas Residuales

Una vez depuradas, las aguas residuales pueden usarse perfectamente para el riego del huerto, las cisternas de los baños, etc.

Un uso muy interesante del agua residual sería el establecimiento de un sistema integrado con la piscicultura o con la cría de patos. Las aguas de la última laguna presentan cualidades aptas para criar peces autóctonos, apreciados para el consumo de los habitantes. Estos sistemas integrados podrían contribuir a mejorar la dieta de los estudiantes y docentes del Internado, aportando fósforo y proteínas.

Experiencias con el Uso de Plantas Acuáticas en nuestro País.

En Bolivia se tienen pocas experiencias del uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales, entre las plantas acuáticas utilizadas se tiene a la Lenteja de agua o Duckweed, Jacintos de agua, Totora y Tarope.

Se han realizado estudios para proyectos de grado para conocer el desempeño de las plantas acuáticas en el tratamiento de aguas residuales.

3. CONCLUSIONES

Nº 1 /2013

El uso de plantas acuáticas es una alternativa de bajo costo, por lo cual se convierte en una alternativa de post tratamiento para aguas residuales.

Un factor importante para la implementación de las plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales es la temperatura. Si la temperatura es menor a los 7°C las plantas acuáticas no realizan la fotosíntesis necesaria para realizar el tratamiento.

Uno de los problemas que se presentan en este tipo de tratamiento con plantas acuáticas, son las concentraciones bajas de oxígeno disuelto, por lo que es recomendable que luego de realizar el tratamiento con las plantas acuáticas, se proceda con una laguna aerobia, donde se obtenga concentraciones de OD óptimas de estándares de calidad.

Este tipo de sistema de tratamiento, se debe completar con un proyecto de producción de alimento para animales, dependiendo del tipo de planta acuática que se use. Por ejemplo, se tiene que la totora puede usarse como forraje para ganado, la Lenteja de agua, puede usarse para alimentación de aves y peces, etc.

Para el uso de plantas acuáticas en el tratamiento de aguas residuales, se debe tener en cuenta, una densidad determinada de plantas acuáticas, esto debido a la lucha que existe entre las algas que se encuentran en el agua residual y las plantas acuáticas, es decir que cuando la densidad es menor a la que se necesita, la proliferación de las algas es mucho más rápida, pudiendo hacer que las plantas acuáticas en caso de la Lenteja de agua, estas se mueran por falta de nutrientes, deteriorando el tratamiento. Por otro lado, si la densidad es mayor a la necesaria, las lentejas de agua compiten por los nutrientes pudiendo morir por la falta de los mismos lo que provoca aumento de la materia orgánica en la laguna.

La depuración de aguas residuales por lagunaje es un sistema sencillo y adecuado para pequeñas comunidades, ya que no requiere grandes inversiones económicas para su aplicación. Es un sistema sostenible, que no necesita ningún tipo de suministro energético para su funcionamiento ni para su mantenimiento.

Con este tipo de sistemas de depuración de aguas se puede llegar a reducir en un 99% la DBO5 y en un 99,99% los coliformes presentes en el agua. Esta elevada eficacia ayuda a disminuir las infecciones que se transmiten a través del agua, como por ejemplo el cólera y el tífus. Si se aplicaran estos sistemas de depuración de aguas, las tasas de parasitosis seguramente disminuirían mucho y la salud de la población mejoraría.

Aparte de contribuir a mejorar la salud y la higiene, estos sistemas son útiles como reservorios de agua durante la época seca en Moxos, puesto que las pozas y curichis se secan y dejan a muchas comunidades con deficiencia de agua para su uso cotidiano (regar, lavar...). Además, pueden usarse como sistemas integrados de producción para la cría de peces u otros animales acuáticos y el uso de las plantas como forraje, compostaje, etc.

El tarope es una de las plantas acuáticas más eficaces en la depuración de aguas por su capacidad de absorción de materia orgánica. Los mojeños conocen las propiedades de esta planta: saben que su presencia en las pozas o curichis indica que las aguas están más limpias, de modo que el tarope les sirve como punto de referencia para saber si pueden usar el agua aunque no este potabilizada.

El CEAM y su contraparte HOYAM han llevado a cabo dos proyectos de depuración de aguas por lagunaje en dos comunidades distintas. Los resultados, de momento, son muy buenos: demuestran que este tipo de tratamiento para depurar las aguas residuales son acertados en países en desarrollo debido a su escaso coste y bajo consumo energético.

La actividad principal en un sistema de tratamiento con plantas acuáticas es la Operación y Mantenimiento que se debe tener, en lo que se refiere a la cosecha y control de densidad de las plantas acuáticas.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Cristian Frers

Uso de Plantas Acuáticas en el Tratamiento
de Aguas Residuales
Edit. Medioambiental
Mexico, 2008

Elisenda Pastó

Sistemas de Depuración de Aguas Residuales
Edit. CEAM
Argentina, 2006

Hector Castillo

Sistemas de Tratamiento con Plantas Acuáticas
Edit. Caribe
Costa Rica, 2003

Edward Rodie

Ingeniería Sanitaria
Edit. Continental
Mexico, 1997

Luis Garavito Silva

Diseño de Plantas de Tratamiento
Edit. Universidad Javeriana
Colombia 1985



DIAG

Diagno

Carrer
Alto, E

1 Inger

Absti

The C
(that
is cor
NB 5
Drink
and
and
popu
Orur
of th
pers
out l
mini
coli)
sodi
The
ESP
low

Key
- hu

Re:

Las
(ac
se
(Re
Re
ob
a l
im
Po
cu
pa
m

DIAGNOSTICO DE LAS EPSAS SEGUN SU CAPACIDAD PARA LA APLICACION DE LA NORMA BOLIVIANA NB 512

N° 1 /2013

Diagnostic of the EPSAS according to their capacity for the bolivian norm's application NB 512

Marca, Vargas William¹

Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Pública de El Alto, Villa Esperanza km 15, Ciudad de El Alto, Bolivia.

1 Ingeniero Civil, docente universitario, consultor especialista en ingeniería sanitaria y medio ambiente.

Abstract

The Companies of Services of Water (EPSA's) they have the purpose of endowing of drinkable water (that that for their characteristic organoleptics, physical, chemical, radioactive and microbiologicals, is considered capable for the human consumption) to the population completing the Norma Bolivian NB 512 (Rule National for the Control of the Quality of the Water for Human Consumption - Dilutes Drinkable Requirements) approved by the Bolivian Institute of Normalization and Quality (IBNORCA) and of obligatory execution at national level. Presently work carried out at national level diagnoses and classify the different EPSAS's that offer the service of drinkable water in the cities and important populations of the western and central sector of Bolivia like being: La Paz, El Alto, Cochabamba, Oruro, Potosi, Sucre, Tarija, Yacuiba, Bermejo and Villazón according to their capacity of application of the norm as for infrastructure, laboratories of analysis of samples of drinkable water, professional personnel to complete all that settled down in the national norms. Statement diagnoses one carries out by means of sampling in the period of the first trimester of the year 2007 of the parameters of minimum control (pH, conductivity, turbidity, residual chlorine, coliforms thermoresistents, escherichia coli), basic control (color, total solids, alkalinity, calcium, chlorides, iron, magnesium, manganese, sodium, sulfates), complementary control (boron, lead, nitrates, total coliforms) and of special control. The EPSAs, was classified according to their capacity of application of the NB 512, like it continues: ESPAs with High capacity for application; ESPAs with medium capacity or with potential; ESPAs with low capacity; ESPAs with very low capacity.

Keywords: Water - diagnostic - classification - bolivian norm - water drinkable - company of water - human health - quality of the water - consumption

Resumen

Las Empresas Prestadoras de Servicios de Agua (EPSA's) tienen la finalidad de dotar de agua potable (aquella que por sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, se considera apta para el consumo humano) a la población cumpliendo la Norma Boliviana NB 512 (Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano - Agua Potable Requisitos) aprobada por el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) y de cumplimiento obligatorio a nivel nacional. En el presente trabajo realizado a nivel nacional se diagnosticó y clasificó a las diferentes EPSAS's que brindan el servicio de agua potable en las ciudades y poblaciones importantes del sector occidental y central de Bolivia como ser: La Paz, El Alto, Cochabamba, Oruro, Potosi, Sucre, Tarija, Yacuiba, Bermejo y Villazón según su capacidad de aplicación de la norma en cuanto a infraestructura, laboratorios de análisis de muestras de agua potable, personal profesional para cumplir todo lo establecido en las normas nacionales. Dicho diagnostico se realizó mediante muestreo en el periodo del primer trimestre del año 2007 de los parámetros de control mínimo (pH,

conductividad, turbiedad, cloro residual, coliformes termoresistentes, *escherichiacoli*), control básico (color, sólidos totales, alcalinidad, calcio, cloruros, hierro, magnesio, manganeso, sodio, sulfatos), control complementario (boro, plomo, nitratos, bacterias, coliformes totales) y de control especial.

Las EPSAs, se clasificaron según su capacidad de aplicación de la NB 512, como sigue: EPSAs con alta capacidad para aplicación; EPSAs con mediana capacidad o con potencial; EPSAs con baja capacidad; EPSAs con muy baja capacidad.

Palabras clave: Agua - diagnóstico - clasificación - norma boliviana - agua potable - empresa de agua - salud humana - calidad del agua - consumo

1. INTRODUCCIÓN

El diagnóstico, se basa en:

- Análisis de la información sobre indicadores de cobertura de control de calidad de agua potable en red, calidad física y calidad de desinfección.
- Análisis de informes de monitoreo previos de calidad del agua potable
- Resultados del trabajo de campo con campañas de muestreo para el control de calidad del agua potable según la NB 512 y reglamentación.
- Información sobre la capacidad y oportunidad de cada EPSA para realizar el control de calidad, según la NB 512 y reglamentación.
- Consultoría realizada para la Superintendencia de Saneamiento Básico (SISAB) como ente regulador nacional.

Para la clasificación de las EPSAs, se ha tomado en cuenta los siguientes criterios e indicadores:

- Historial y características de cada EPSA.
- Disponibilidad de recursos humanos y laboratorios propios para realizar el control de calidad.
- Oportunidad y distancia a laboratorios externos para el control de calidad.
- Oferta nacional de laboratorios acreditados

2. METODOLOGIA

INFORMACION EXISTENTE E INFORMACION RECOLECTADA EN CAMPO
Información Existente

- Monitoreo e informes anuales a la EPSA.
- Síntesis de indicadores de operabilidad.
- Informes de seguimiento al control de calidad de las EPSAs.
- Reglamentos actualizados: NB 512 y reglamentación.

Información Recolectada en Campo

- Información mediante llenado de formulario - cuestionario, referente a la capacidad y oportunidad de la EPSA para la aplicación de la NB 512 y reglamentación.
- Registros fotográficos
- Planos impresos
- Información verbal y comunicaciones mediante entrevistas
- Registros de muestreo conjunto con las EPSAS
- Informes de laboratorio de análisis In Situ, para el control mínimo
- Informes de laboratorio para el control básico y complementario

RECOLECCION DE INFORMACION MEDIANTE FORMULARIO - CUESTIONARIO

Con el objetivo de obtener información de primera mano sobre la capacidad de las EPSAs, para la aplicación de la NB 512 y reglamentación, además de establecer criterios para su clasificación, se ha procedido a levantar un cuestionario a cada una de ellas, mediante un formulario, el que ha sido entregado en formato digitalizado o impreso en algunos casos.

MUESTREO PARA CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA DE ACUERDO A LA NB 512

N° 1/2013

Mediante campañas de muestreo ejecutadas entre febrero y marzo del 2007, se ha realizado el control mínimo (In Situ) y el muestreo para el control básico y complementario de calidad del agua potable, en el área de concesión de cada (EPSA) regulada por la Superintendencia de Saneamiento Básico que cuenta con contrato de concesión en las ciudades de: Cochabamba, La Paz, El Alto, Oruro, Potosí, Villazón, Sucre, Tarija, Bermejo y Yacuiba, aplicando las nuevas normas de calidad vigentes en el país.

Normas y Reglamentos

Para la determinación del número, ubicación, parámetros (nivel de control) para cada punto de muestreo y las metodologías analíticas se ha aplicado la NB 512 y su reglamentación.

Aspectos tales como preparación de los envases de muestreo, procedimientos de toma de muestra y preservación, se ha aplicado la NB 496.

Metodología

Número, Codificación y Ubicación de los Puntos de Muestreo

De acuerdo a la NB 512, se ha definido, los puntos de muestreo y niveles de control, por EPSA.

Codificación y Ubicación

El punto de muestreo para control complementario ha sido ubicado a la salida de la planta de tratamiento o tanque de agua o luego de la inyección de cloro en línea y se ha codificado como N-P3-C: N (Número asignado a cada EPSA); P3 (de acuerdo al reglamento de la NB 512), C (nivel de control de complementario).

Los puntos de muestreo para control básico + mínimo, han sido ubicados en la red de agua potable y se han codificado como N- P4 -Bn: N (Número asignado a cada EPSA), P4 (de acuerdo al reglamento de la NB 512), B (nivel de control de básico) y n (numeración de los puntos del 1 a n).

Distribución de los Puntos de Muestreo

La ubicación de los puntos de muestreo ha sido definida en colaboración con el responsable técnico de la EPSA asignado específicamente para este trabajo por cada EPSA.

Para la ubicación de los puntos de muestreo se han utilizado los siguientes criterios:

- Recomendaciones del responsable técnico asignado por la EPSA
- Puntos problemáticos, señalados por el responsable técnico de la EPSA.
- Puntos uniformemente distribuidos a lo largo de la red.
- El limitado tiempo y disponibilidad de los técnicos a las inclemencias del tiempo y al periodo crítico de lluvias e inundaciones en el área de estudio.

Control Mínimo

Para el control mínimo, se ha procedido a la toma de dos muestras con intervalos entre 1 a 12 horas para cada punto de muestreo, en el lapso total de un día entero, correspondiente.

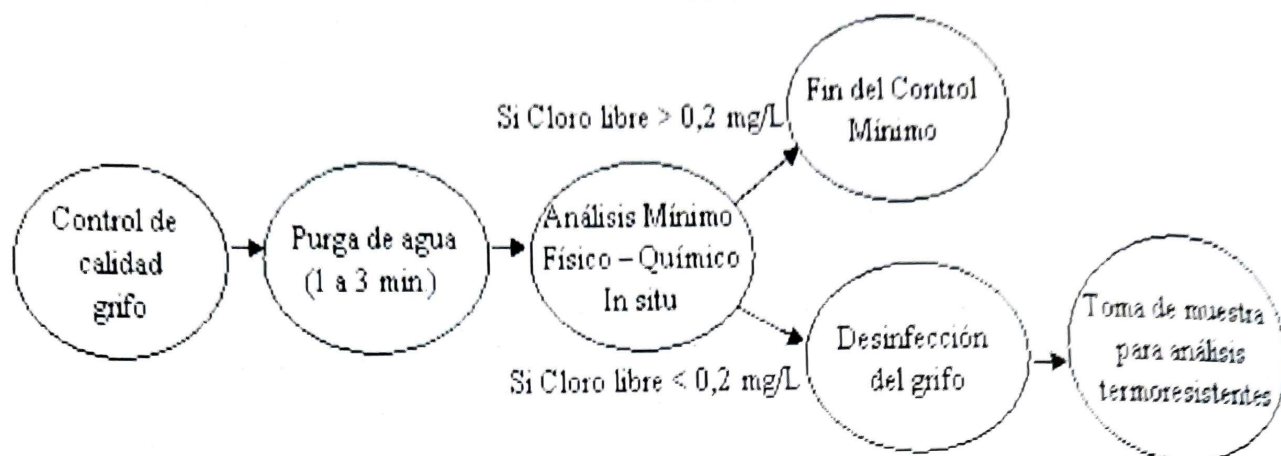
El intervalo de muestreo, han sido reducidos, debido al limitado tiempo y disponibilidad de las EPSAs, a las inclemencias del tiempo y al periodo crítico de lluvias e inundaciones en el área de estudio. Por ejemplo en Cochabamba la dotación de agua es a veces de solo unas horas al día.

N°	Mínimo Físico - Químico	Metodología
1	pH	Electrométrico
2	Conductividad	Electrométrico
3	Turbiedad	Nefelométrico
4	Cloro residual	Colorimétrico DPD
N°	Mínimo Bacteriológico	Metodología
1	Col. Termorresistentes - E.C.	Filtración en Membrana

Control mínimo

Para el análisis físico – químico In Situ, la muestra ha sido extraída en vasos plásticos desechables, previo enjuague (tres veces con la muestra).

En los puntos de control donde el cloro libre era menor o igual a 0,2 mg/l, se procedió a tomar una muestra para análisis de coliformes termoresistentes, de acuerdo al procedimiento de la NB 496.



Algoritmo de muestreo para el control mínimo

Control Básico

Para el control básico y complementario, las muestras se tomarán en forma paralela a las

muestras del control mínimo, en los puntos de control, donde corresponda este tipo de muestreo.



Algoritmo de muestreo para el control básico

En el siguiente cuadro, se detallan los parámetros realizados para el control básico.

N°	CONTROL BASICO	Metodología
1	Color	Espectrofotométrico
2	Sólidos totales disueltos (STD)	Electrométrico o Gravimétrico
3	Alcalinidad	Volumétrico
4	Calcio	Volumétrico EDTA
5	Cloruro	Volumétrico Nitrato de Plata
6	Dureza Total	Volumétrico EDTA
7	Hierro	Espectrofotométrico 1,10 fenantrolina
8	Magnesio	Calculo
9	Manganeso	Espectrofotométrico, persulfato
10	Sodio	Fotometría de llama
11	Sulfatos	Nefelométrico

Control básico

Los siguientes parámetros de control básico, se han realizado in situ, debido a su corto tiempo de preservación, entre paréntesis se señala el tiempo máximo de preservación recomendado de acuerdo a la NB 689:

- Alcalinidad (In situ)
- Color (48 horas)
- Sólidos totales disueltos STD, se realiza in situ en forma simultánea con la conductividad.

Control Complementario

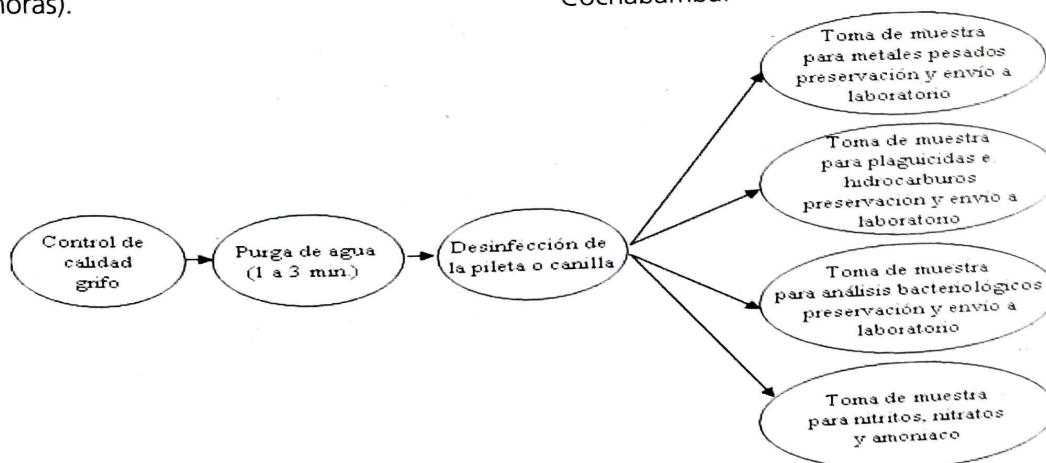
Para metales pesados y otros constituyentes inorgánicos, la muestra ha sido tomada en un bote PET (tratado de acuerdo a la NB 496) de 600 ml, estabilizada con ácido nítrico a pH = 2 y posteriormente enviadas al laboratorio Spectrolab de la Universidad Técnica de Oruro.

CONTROL COMPLEMENTARIO			
N°	Químicos Inorgánicos	N°	Plaguicidas
1	Arsénico	15	Plaguicidas totales (identif por flia)
2	Amoniaco	14	Hexaclorobenceno
3	Antimonio	15	Aldrin y Dieldrin
4	Bario	16	Clordano (Total de isómeros)
5	Boro	17	DDT (Total de isómeros)
6	Cadmio	18	Heptacloro y Heptacloro epóxido
7	Cobre	19	Gamma-HCH (Lindano)
8	Fluoruro	20	Metoxicloro
9	Aluminio	21	Malatión
10	Nitritos	22	Metil Paratión
11	Nitratos	23	Paratión
12	Plomo		Hidrocarburos
13	Zinc	23	Hidrocarburos totales (TPH)
14	Niquel		Bacterias
		24	Coliformes totales
		25	Escherichia coli

Control complementario

Para nitritos, nitratos y amoniaco, la muestra ha sido tomada en un bote PET de 600 ml, procediendo inmediatamente al análisis correspondiente, con equipos de campo del laboratorio RIMH, debido a que estos parámetros son muy inestables (el nitrito solo es estable por unas horas).

Para plaguicidas individuales la muestra ha sido tomada en botes de vidrio ámbar de 1000 ml., sin cámara de gas, previamente enjuagados de acuerdo a la NB 496, la muestra luego de adicionarle el preservante ha sido conservada a 4°C, hasta su envío al laboratorio de la UMSS de Cochabamba.



Algoritmo de muestreo para el control complementario

El muestreo ha sido desarrollado en dos campañas:

- La primera campaña de muestreo, ha sido realizada desde el 29 de enero al 15 de febrero del 2007 y la segunda campaña se ha realizado desde el 16 de febrero al 15 de marzo del 2007.

Laboratorios

Para el control mínimo físico químico y mínimo bacteriológico, el análisis se ha realizado in situ, con el laboratorio portátil de RIMH - Grupo TAR (Universidad de Sevilla - España), con los equipos y metodologías especificados en la NB 495 y NB 496 para las ciudades de: Tarija, Villazón, Bermejo y Yacuiba.

La totalidad de los análisis en las ciudades de La Paz y El Alto a cargo de la empresa Aguas del Illimani (AISA), han sido analizados en el Laboratorio del Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la UMSA, La Paz.

Para el control complementario, se han contratado los servicios de los siguientes laboratorios:

- Para el control mínimo físico químico y mínimo bacteriológico, metales pesados, de las EPSAs: SELA (Oruro), AAOPOS (Potosí) y ELAPAS (Sucre) se han analizados en su integridad en el laboratorio SPECTROLAB de la Universidad Técnica de Oruro, Bolivia.
- Plaguicidas de las EPSAs: SEMAPA(Cochabamba), COSAALT(Tarija), EMAAB(Bermejo) y EMAPYC (Yacuiba) fueron realizados en el Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental de la UMSS (Cochabamba).
- La totalidad de los análisis en la ciudad de Cochabamba, han sido analizados en el Laboratorio Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental de la UMSS (Cochabamba).

DIAGNOSTICO DE LAS EPSAS, SEGÚN SU
CAPACIDAD DE APLICAR LA NB 512 Y SU
REGLAMENTACION

Indicadores de operabilidad de las EPSAS

Entre la información relevante presentada, se tiene:

- Identificación y ubicación de las EPSAs
- Cobertura de agua potable, con datos sobre población servida, longitud de red de distribución, red instalada en la gestión, renovación de red, conexiones de agua potable, etc.
- Cobertura de control de calidad en la red.
- Control de calidad en fuentes
- Calidad física
- Calidad de desinfección
- Agua no contabilizada
- Dotación diaria de agua potable

Análisis de Indicadores de Control de Calidad

Entre los indicadores de operabilidad, corresponde analizar (según los objetivos del presente diagnostico) los siguientes indicadores de control de calidad del agua potable:

- Cobertura de control de calidad en la red
- Control de calidad en fuentes

Deficiencias en el Proceso de Control de Calidad según la NB 512 y reglamentación.

En la información recabada mediante los formularios, la mayor parte de las EPSAs, afirman conocer la NB 512, aplicar los niveles de control mínimo y básico, y las frecuencias y número de muestras recomendadas por dicha reglamentación.

Sin embargo el análisis detallado de los formularios, los reportes semestrales de las EPSAs, los informes internos de monitoreo y los reportes de la SISAB, demuestran algunas deficiencias en el proceso de aplicación de la NB 512 y reglamentación.

Calidad del Agua del Agua Potable Según Monitoreo

En la parte de conclusiones se presentan algunos de los parámetros que no cumplen con la NB 512 por EPSA, se realiza una explicación de las posibles causas y una comparación, para señalar aspectos sobre la evolución de la calidad del agua potable en las EPSAs, estudiadas.

Información relevante para cada EPSA, sobre su capacidad para la aplicación de la NB 512, en los siguientes aspectos:

Laboratorio Interno

AISA tiene capacidad para realizar análisis para el control mínimo, básico y complementario según la reglamentación de NB 512.

SEMAPA, SELA, AAPOS, ELAPAS y COSAALT, tienen capacidad para realizar análisis para el control mínimo y básico de la reglamentación de NB 512.

Sin embargo a excepción de AISA, estas EPSAs, requieren completar stock de reactivos, capacitar recursos humanos y completar con equipamiento adecuado según metodologías analíticas exigidas por la NB 512.

Acreditación del Laboratorio Interno

A excepción de AISA ninguna EPSA, tiene laboratorio interno acreditado por el IBMETRO Instituto Boliviano de Metrología - Dirección Técnica de Acreditación, institución que ha asumido por Decreto Supremo N° 28243, en Julio-2006.

AISA según Certificado de Acreditación IB-METRO en relación a su alcance de servicios para los parámetros: pH, dureza, hierro, manganeso, coliformes totales, coliformes termorresistentes, ISO- 17025-2001.

CLASIFICACION DE LAS EPSAS SEGÚN SU CAPACIDAD PARA LA APLICACIÓN DE LA NB 512 Y REGLAMENTACION

Para la clasificación de las EPSAs, según su capacidad para la aplicación de la NB 512 y reglamentos conexos (NB 496), se ha definido en primer lugar indicadores genéricos de capacidad y oportunidad para aplicación de dichos reglamentos.

Indicadores de Capacidad de Aplicación de la NB 512

Los siguientes indicadores

- Cantidad y nivel de formación de recursos humanos para el control interno de calidad del agua
- Disponibilidad y capacidad de recursos técnicos o laboratorio interno para el control de calidad.
- Disponibilidad de recursos económicos o ventajas de economía de escala
- Capacidad de gestión del control de calidad.
- Oferta local de servicios de laboratorios especializados
- Oferta local de servicios de laboratorios especializados acreditados por el IBMETRO.

Evaluación y Valoración de los Indicadores

Para los cuatro primeros indicadores, se ha adoptado las siguientes escalas de valoración:

- Capacidad Alta o Elevada: 4
- Capacidad Media o Adecuada: 3
- Capacidad Baja: 2
- Capacidad Muy baja o nula: 1

Clasificación de las EPSAs

Para la clasificación de las EPSAs, se ha procedido a ponderar y promediar, los valores de los indicadores considerados, excepto naturalmente las empresas ubicadas en los llanos.

EPSAs con Alta Capacidad para Aplicación de la NB 512:

- AISA
- SEMAPA

EPSAs con Mediana Capacidad o con Potencial para Aplicar la NB 512:

- SELA
- AAPOS

- ELAPAS
- COSAALT

EPSAs con Baja Capacidad para Aplicar la NB 512:

- EMSAVAB
- EMAPYC

EPSAs con Muy Baja Capacidad para Aplicar la NB 512:

- EMAAB

Interpretación del Índice de Clasificación

La clasificación de AISA Y SEMAPA, como EPSAs con alta capacidad para la aplicación de la NB 512, es obvia.

- Posee un laboratorio sofisticado, personal especializado y una economía de escala favorable.
- Está ubicada en el eje central, con adecuada oferta de laboratorios externos.

Las EPSAs clasificadas con capacidad media o potencialmente adecuada, tienen dos o más de las siguientes características:

- Economía de escala favorable
- Laboratorio interno y recursos humanos
- Están ubicadas en el eje central
- En general con leves incrementos de recursos tecnológicos y humanos y de la gestión del control de calidad, pueden alcanzar una capacidad adecuada para aplicar la reglamentación NB 512.

EMAAB ha sido clasificada como de muy baja capacidad (a pesar de tener una economía de escala favorable) para la aplicación de la NB 512, por las siguientes condiciones:

- No cuenta con laboratorio interno y recursos humanos
- Está alejada del eje central y no tiene oferta local de laboratorios especializados.

- No posee una gestión de control de calidad aceptable.

3. CONCLUSIONES

Control de Calidad del Agua

- La "Cobertura de Control de Calidad en Red" (CCR) y la "Cobertura de Control de Calidad en Fuente" (CCF), reportadas por la SISAB, parecen ser los indicadores más apropiados para valorar la capacidad de las EPSAs para aplicar la NB 512, en gestiones pasadas.
- Es importante señalar que la mayor parte de las EPSAs, con bajos niveles de CCR, están en el sur y centro del País, donde existe una elevada oferta de laboratorios para el control de calidad, por lo tanto las limitaciones de estas EPSAs, podrían ser de carácter de gestión y administración del control de calidad, más que limitaciones técnicas o de recursos humanos.
- Se ha detectado las siguientes deficiencias en el procedimiento del control de la calidad:
 - En varios casos, junto con parámetros de control mínimo y básico, se reportan resultados de otros parámetros no requeridos por la reglamentación NB 512.
 - En la mayoría de los casos, se realiza el análisis bacteriológico (siempre negativo), a pesar de detectarse niveles de cloro libre residual mayores a 0,2 mg/L.
 - En muchos casos, se analizan parámetros del control mínimo, en forma simultánea con parámetros del control básico e incluso con parámetros del complementario.

Calidad de Desinfección del Agua

- Las siguientes EPSAs, presentaban limitaciones y deficiencias en la desinfección del agua potable:
 - EMAAB
 - EMSAVAB
 - COSAALT

Calidad del Agua Según Monitoreo

De las
de par
analiza
de las

Hierro

- D
- la
- C
- l
- á

Bo

Se
de
m
de

C

De las muestras levantadas en campo y los miles de parámetros físico, químicos y bacteriológicos analizados en laboratorio, presentamos algunas de las conclusiones **más representativas**:

Nº 1 /2013

Hierro

- Durante el monitoreo 2007, solo para la EPSAs de SEMAPA y EMSAVAB, se ha detectado que el hierro sobrepasa levemente los límites permisibles, para una muestra analizada.
- Durante el monitoreo 2004, para las muestras no se han detectado problemas de hierro.
- Las variaciones de los niveles de hierro entre los monitoreos 2004 y 2007, se explican en la dinámica hidrogeológica y geoquímica de los acuíferos, que constituyen las fuentes de agua de estas EPSAs.

Boro

Se ha detectado en alguna muestra la presencia de boro que levemente supera la norma (0,30 mg/l) en las EPSAs de AAPOS y ELAPAS a la salida de las plantas de tratamiento de agua potable.

Cloro Libre Residual

- El cloro libre residual, es otro parámetro problemático y común en todas las EPSAs, por lo menos en una de las muestras tomadas, en cada una de ellas.
- Para La Paz y El Alto, se tuvo resultados satisfactorios los cuales se estaba dentro de la norma (0,2 a 1 mg/l).

pH

- El pH de carácter básico en la empresa de agua de La Paz en el sistema Achachicala tiene valores arriba de un pH 9 debido al tratamiento de remoción de hierro y manganeso mediante la aplicación de cal. Debido a que tiene un alto valor de calidad de desinfección no tiene relevancia en la dotación de agua en la red.
- SELA, tiene fuentes de agua subterráneas las cuales no se tiene problemas.

Turbiedad

- Para EMSAVAB y EMAAB, la turbiedad, está por arriba del nivel máximo permisible por la NB 512.
- El origen de la turbiedad se explica por la naturaleza de las fuentes de agua superficial de estas EPSAs (ríos Villazón y Bermejo) y el periodo de lluvias, durante el cual se incrementan los sólidos en suspensión en los cursos de agua.

Coliformes Totales y Fecales

- Coliformes totales, han sido detectadas en algunas de las EPSAs estudiadas, por los menos en uno de los puntos de muestreo.
- Este hecho puede explicarse por el excepcional fenómeno climático de la región, incluyendo las redes de agua potable, lo que provoca colmatación de la red de alcantarillado, rebalse de fosas sépticas, dispersión bacteriológica, infiltración de coliformes en tramos de baja presión, etc.

Plaguicidas

Los análisis de estos parámetros tienen un rango según la NB 512, para Plaguicidas totales se acepta un valor máximo aceptable de 0,5 mg/l y de plaguicidas individuales 0,1 mg/l, cuyos valores mayores tienen efectos sobre la salud. En algunas de las EPSAs en estudio en el sur del país, al existir indicios anteriores de la presencia de plaguicidas se realizaron los análisis respectivos y se halló como plaguicida individual organofosforado Dimetoato con valores bajos en COSAALT, EMAAB y EMAPYC.

Tendencias de la Calidad del Agua

- Para las EPSAs con fuentes de agua de origen subterráneo, es muy probable que en el futuro y en forma eventual, manganeso y hierro sobrepasen los valores permisibles de la NB 512 para algunos puntos de muestreo en la red.
- Debido a la naturaleza de sus fuentes de agua, se prevé que en el futuro siempre se encontrarán valores de pH por cerca

del rango permisible por la NB 512, en las redes de COSAALT y SEMAPA. En AISA el pH ligeramente alcalino es producto de un tratamiento de cal para remoción de hierro y manganeso, lo cual no es preponderante ya que cumple todos los demás requisitos satisfactoriamente.

- De la misma manera para EMSAVAB y EMAAB, con fuentes de agua superficiales, se espera encontrar niveles de turbiedad, por arriba del nivel máximo permisible por la NB 512, sobre todo durante el periodo de lluvias.
- Tomando en cuenta la susceptibilidad de la región a las inundaciones, es de prever que durante el periodo lluvioso, se incrementen las posibilidades de encontrar coliformes fecales, coliformes totales y coliformes termoresistentes en las redes de agua potable.

Riesgos de Salud Pública por Consumo de Agua Potable.

- Los resultados del monitoreo de control de calidad del agua potable del presente trabajo, indican niveles de boro mayores al nivel máximo recomendado por la reglamentación de la NB 512, pero menores a los valores máximos recomendados por normas internacionales (EPA y Normas de Canadá) para AISA, AAIPOS y ELAPAS, por lo tanto no se puede concluir que el consumo de agua de estas ESPAs implique riesgos para la salud pública del consumidor.
- En los reportes de monitoreos previos y durante el monitoreo de control de calidad del agua potable del presente trabajo, se ha observado que los valores ligeramente altos de pH definitivamente este parámetro no implica riesgo para la salud pública del consumidor.
- Debido a la complejidad que implica el significado de la presencia de indicadores de contaminación fecal mediante indicadores como coliformes termoresistentes, coliformes fecales, totales y E. coli es muy difícil realizar un análisis de riesgo de la salud pública por la presencia eventual en algunos puntos de muestreo de la red de las diferentes ESPAs, ya que la presencia de estos indicadores no necesariamente implica

la presencia de bacterias patógenas, ni el tipo de bacterias, tampoco revela su grado de viabilidad y las posibles dosis infectivas, aspectos que escapan al alcance del presente estudio.

- La repercusión del efecto en la salud humana de los plaguicidas es muy importante ya que algunos componentes son muy tóxicos, algunos compuestos de los plaguicidas organofosforados producen la inhibición irreversible de la acetilcolinesterasa, produciendo la acumulación de la acetilcolina a nivel de las sinapsis en el tejido nervioso, en la unión neuromuscular y en los eritrocitos. Por todo esto la evaluación de los plaguicidas deben profundizarse para tener la certeza total de los límites permisibles en el abastecimiento de agua.

Capacidad y Oportunidad para Aplicar el Control de Calidad, Según la Reglamentación NB 512.

- Solo AISA, SEMAPA, AAIPOS, SELA, ELAPAS y COSAALT tienen recursos humanos especializados en el área, a nivel técnico o licenciatura y laboratorios propios con capacidad para realizar análisis para el control mínimo y básico de la NB 512.
- Ninguna EPSA, tiene laboratorio interno acreditado por el IBMETRO Instituto Boliviano de Metrología - Dirección Técnica de Acreditación, institución que ha asumido por Decreto Supremo N° 28243, en Julio-2006, las funciones del OBA.
- EMSAVAB, EMAAB y EMAPYC, no tienen oferta local de laboratorios especializados en aguas, debido a la distancia del eje central del país, el resto de las EPSAs, tiene una oferta adecuada y oportuna de estos servicios.

Recomendaciones para los organismos sectoriales competentes:

- Crear incentivos para la acreditación de laboratorios especializados en aguas, tanto públicos como privados.
- Promover y facilitar la implementación de infraestructura y equipamiento de laboratorios, mediante la liberación de impuestos y tasas a la importación.

- Parámetros de control de calidad no estudiados anteriormente, como: plaguicidas, hidrocarburos, plomo, bario, subproductos de la desinfección y parámetros detectados como problemáticos como: hierro, manganeso deben tener prioridad en futuros monitoreos.
- Se debe establecer métodos y herramientas informatizadas de sistematización de los resultados del control de calidad.
- Diseñar indicadores específicos de la calidad del agua, por parámetro o grupos de parámetros, ajustados a cada EPSA
- Establecer historial y evolución de la calidad del agua, por EPSA a la par de un análisis estadístico en base a tendencias anuales.
- Optimizar, rediseñar y ajustar el nivel de exigencias de control de calidad de la EPSA, en función a su economía de escala.
- Dada la seriedad de algunos resultados de laboratorio es recomendable aumentar el número de muestreos para poder

N° 1 /2013
 verificar en el tiempo y lugar en diferentes ofertas de otros laboratorios del país y consiguientemente gestionar un nuevo estudio específico de algunos parámetros en cuestión.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano NB 512, 2010, La Paz- Bolivia.

Agua Potable Requisitos, NB 512, diciembre 2010, La Paz-Bolivia.

SISAB, Superintendencia de Saneamiento Básico, regulación en Bolivia, La Paz, 2007.

Fair, Geyer y Kum, Abastecimiento de agua, LimusaWiley.

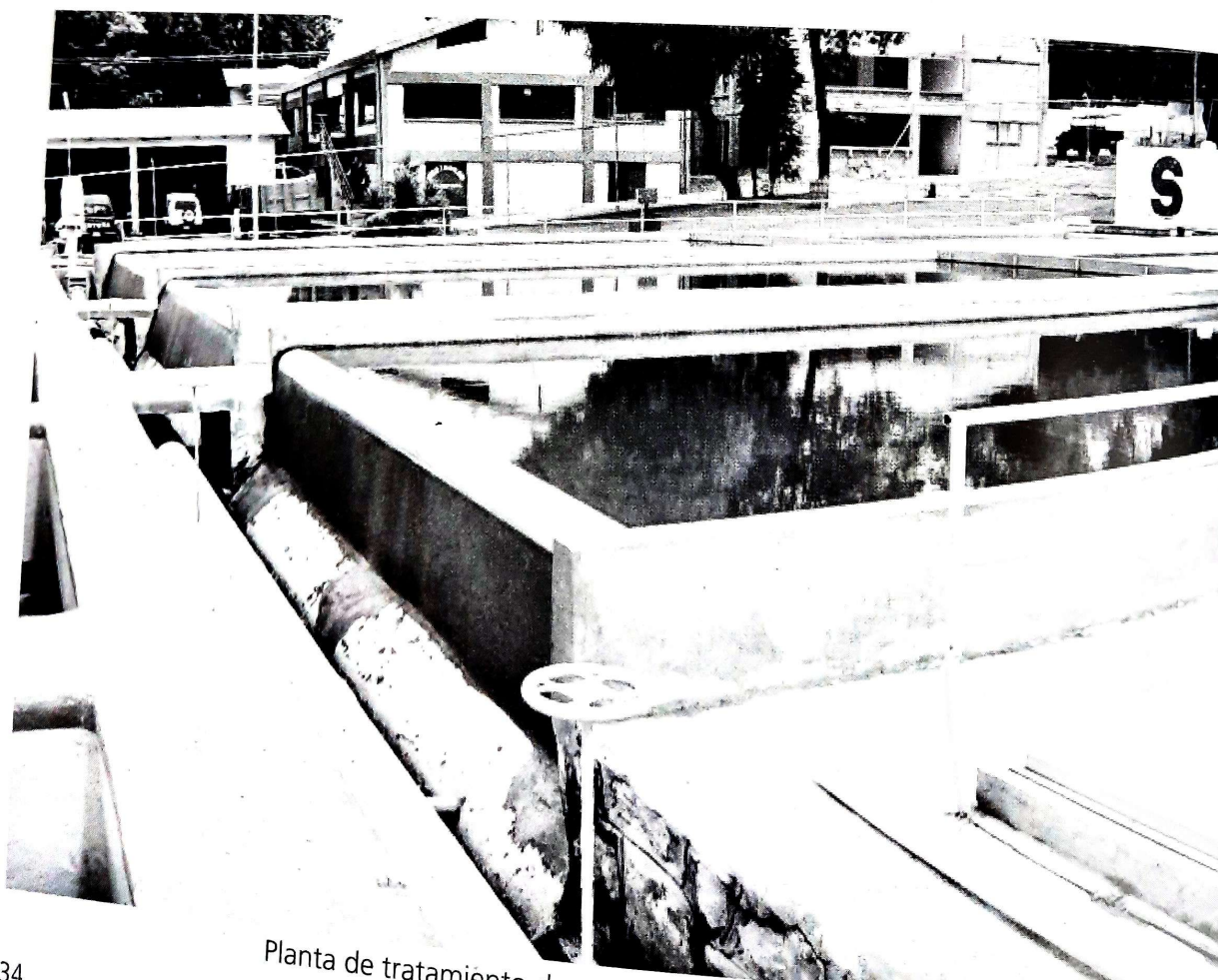
Acevedo Neto, Manual de Hidraulica, Edgar Blucker.



Planta de tratamiento de agua potable de Achachicala (La Paz)



Obra de captación en Villazón



Planta de tratamiento de agua potable, Cochabamba.

USO DE LA ENERGIA NUCLEAR EN LA SUPERVISION Y CONTROL DE OBRAS DE INGENIERIA CIVIL

Use of the nuclear energy in the supervision and control of works of civil engineering

Chávez, Velasquez Enrique¹

Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Pública de El Alto, Villa Esperanza km 15, Ciudad de El Alto, Bolivia.

1 Ingeniero Civil, docente universitario, consultor especialista en estructuras.

Abstract

During last two decades the technological advancement that the manufacturers developed of team of construction that sound employees in civil engineering, allows that one can effect big movements finalizes decades earthen much in dig, transport, placed, scattered and compacted.

These works find one destined to the expressway construction, roads, you dam, landing-strips and others they require of effecting an adequate inspection and control of or bras, to avoid you fail that can bring disastrous consequences for the users, as well as also raise the work cost.

The Supervision and control of these works with high performances in compressed of earthworks in the referent to the determination of his countryside densities and optimal humidities using methods traditional they are very defaulting, requiring long time for the delivery of reliable results that allows to reduce the appreciation errors

The not invasive methods as being the nuclear densimeter employment gives birth to the countryside density determination and optimal humidities are more efficient and he is them realized in smaller time included his rejoinder.

These nuclear densimeters present no risk for the operative by effect of the radiation, in sight that his radioactive material (Cesium 137) finds one in tiny quantities and encapsulated, by what his use finds one guaranteed by the manufacturer completely

Words key: Nuclear energy - supervision - you work - control - inspection - manufacturing civil engineering.

RESUMEN

Durante las dos ultimas décadas el adelanto tecnológico que desarrollaron los fabricantes de equipo de construcción que son empleados en ingeniería civil, permite que se puedan efectuar grandes movimientos de tierra tanto en excavación, transporte, colocado, esparcido y compactado. Estas obras se hallan destinadas a la construcción de autopistas, carreteras, represas, pistas de aterrizaje y otros requieren de efectuar una adecuada inspección y control de obras, para evitar fallas que puedan traer consecuencias desastrosas para los usuarios, así como también elevar el costo de estas obras.

La Supervisión y control de estas obras con altos rendimientos en compactado de terraplenes en lo referente a la determinación de sus densidades de campo y humedades óptimas empleando métodos tradicionales resultan muy morosos, requiriendo mucho tiempo para la entrega de resultados confiables, que permita disminuir los errores de apreciación.

Los métodos no invasivos como ser el empleo de densímetros nucleares para la determinación de las densidades de campo y humedades óptimas son más eficientes y se los realiza en menor tiempo incluida su réplica.

2. METODOLOGIA

Estos densímetros nucleares no presentan ningún riesgo para el operario por efecto de la radiación, en vista que su material radioactivo (Cesio-137) se halla en pequeñas cantidades y completamente encapsulado, por lo que su uso se halla completamente garantizado por el fabricante.

Palabras clave: Energía nuclear – supervisión – obras – control – inspección – ingeniería civil

1. GENERALIDADES

Previo a entrar en el tema específico del presente artículo es necesario definir un adecuado procedimiento a seguir para realizar un eficiente control e inspección de las obras de ingeniería, así como entender los conceptos básicos estadísticos más empleados en el control de obras, como ser:

- Población o universo: La Población o universo está constituida por un número finito de elementos, de una parte de la obra sobre la cual deseamos investigar una característica o propiedad definida
- Lote: Entendemos por lote a una población de tamaño finito, generalmente formada por la producción de un determinado ítem o actividad en un lapso de tiempo definido.
- Tamaño del lote: Entendemos por este término al número, extensión o volumen de unidades que forman parte de otra población finita mayor, que es elegida por el interesado para que sea sometida a un proceso de inspección para asegurar la calidad del material o su ejecución.
- Muestra: Entendemos por este concepto a un sub grupo de elementos que se extrae al azar de un lote para un proceso de inspección.

SUPERVISION Y CONTROL

La Supervisión y control de obras de ingeniería se puede realizar por medio de dos métodos

1. Métodos invasivos
2. Métodos no invasivos.

El presente artículo se halla relacionado con el segundo método, este método fue desarrollado ante los grandes avances que se tiene en la ejecución de obras de ingeniería civil, debido al desarrollo tecnológico logrado por los fabricantes de equipos de construcción.

En obras de regular magnitud se puede observar que los equipos de movimiento y corte de tierras logran rendimientos horarios considerables y no es nada sorprendente que muevan volúmenes de 30.000 – 35.000 m³ de tierra por día, que son transportados, colocados esparcidos y compactados en una jornada diaria de trabajo de 8 horas, o sea con un rendimiento de aproximadamente 4000 m³/hora.

Estos altos rendimientos obtenidos en la compactación de tierras, hizo que los procedimientos tradicionales en la determinación de la densidad y humedad optima durante la conformación de terraplenes requieran de bastante tiempo en su determinación, haciendo necesario el empleo de otros métodos más rápidos y confiables.

EMPLEO DE LA ENERGIA NUCLEAR

El empleo de los modernos equipos de construcción que permiten el movimiento de grandes volúmenes de tierra para la conformación de terraplenes destinados a la construcción de represas, aeropuertos, carreteras y autopistas, naturalmente conlleva fuertes riesgos ante posibles fallas en la estructura del terraplén por

la defectuosa compactación de los mismos, con resultados catastróficos.

Con la finalidad de minimizar los errores en las decisiones durante el proceso de inspección, se debe tener una planificación en la cual el tamaño de la muestra sea lo suficientemente grande para que el error de la media estándar sea mínimo.

Esto hace que se tenga una distribución de frecuencia concentrada alrededor de la media, y poca concentración de valores al final de la distribución.

Durante el empleo de los métodos tradicionales para la determinación de las densidades de campo y humedad óptima como ser el cono de arena y otros son muy lentos, trayendo como consecuencia que el tamaño de la muestra sea muy pequeña, por ejemplo un ensayo de densidad y humedad de campo dura alrededor de 40 – 50 minutos.

Para un control de terraplén con un nivel III se requiere una muestra 6, para este tamaño de muestra se requiere como mínimo unas 8 horas incluido los ensayos de laboratorio para la entrega de resultados en el mejor de los casos, además que este método es invasivo.

En contraposición a estos métodos tradicionales, tenemos el método no invasivo basado en el empleo de la energía nuclear, para la determinación las densidades y humedades de compactación, obteniendo los resultados en forma más rápida pues la determinación de cada resultado más su verificación demora alrededor 3 minutos, para la entrega de los resultados de 10 ensayos se requeriría 30 minutos, al aumentar el número de ensayos aumentamos considerablemente la confiabilidad en la media y disminuimos el error estándar.

Actualmente se halla muy difundido el empleo de aparatos nucleares que pueden realizar:

- Mediciones secuenciales de densidad y humedad óptima.
- Contenido volumétrico de agua en el suelo.
- Densidad seca.
- Porcentaje de humedad referido al peso seco.

Los equipos actuales cuentan con un computador analógico incorporado en la unidad que asegura la confiabilidad de los resultados.

El costo de estos equipos oscila entre 6000 a 7000 \$us, con una vida útil de 3000 horas trabajadas, su costo horario incluyendo gastos de depreciación, seguros y almacenaje especial esta alrededor de 3 \$us.

DENSIMETRO NUCLEAR

El densímetro nuclear es un equipo que sirve para la determinación de la densidad de un suelo o de diferentes clases de agregados mediante el empleo de rayos gamma en forma similar a los rayos X, la emisión de estos rayos gamma es producido por un elemento químico radioactivo denominado "Cesio-137" este elemento radioactivo se halla contenido en una capsula especialmente protegida, cuya ubicación en el equipo se realiza en forma muy precisa.

La forma como trabaja este equipo consiste en emitir rayos gamma (fotones) que atraviesa la masa de suelo, estos fotones son atenuados por los electrones corticales contenidos en los átomos que forman materia de las partículas de suelo.

Los fotones atenuados son captados por un contador Geiger – Muller, los cuales son contabilizados mediante circuitos eléctricos que registran su intensidad de ionización secundaria de altísima velocidad, transformándola en impulsos eléctricos.

JUSTIFICACION FISICO NUCLEAR

Para una mejor comprensión del funcionamiento de un densímetro nuclear, recordaremos algunos de nuestros conocimientos de física y química, como ser:

En química se identifica un elemento de la tabla periódica de elementos mediante su peso atómico y su número atómico, ejemplo

(elemento químico)_x^y

El exponente del elemento químico represente el peso atómico "A" del elemento, y el sub índice representa su número atómico "Z".

RADIOACTIVIDAD

Los elementos químicos radioactivos emiten 4 diferentes tipos de radiación, que son edificadas de la siguiente manera:

- Partículas alfa (α)
- Partículas beta (β)
- Cuantos de energía lumínica denominados rayos gamma (γ)
- Radiación de neutrones.

Las particularidades de cada una de estos tipos de radiación son identificadas por:

Partículas alfa (α).- Estas partículas son átomos del gas Helio doblemente ionizadas, a estos átomos les falta dos electrones periféricos

Partículas beta (β).- Corresponden a rayos catódicos de gran velocidad llamadas también electrones negativos, estas partículas penetran el cuerpo humano.

Cuantos de energía lumínica denominados rayos gamma (γ).- Estos rayos se parecen a los rayos X, por la facilidad que tienen de atravesar una lamina de plomo de varios centímetros de espesor sin ser desviados de su trayectoria, estos rayos son eléctricamente neutros.

Neutrones.- Los neutrones son partículas sumamente pequeñas y densas, eléctricamente neutras y muy penetrantes, estas partículas son útiles en la ingeniería civil para determina el contenido de agua en los suelos, así como también para determinar el contenido de asfalto en mezclas asfálticas.

UNIDADES DE MEDICIÓN DE LA RADIACION.

De acuerdo al trabajo que se pretende realizar con materiales radioactivos, la medición de su radiación se realiza en diferentes unidades, como ser:

- Unidades Curie Ci
- Unidades Roentgen Equivalent Rem

La unidad Curie se define como la cantidad de $3,7 \cdot 10^{10}$ desintegraciones/ segundo de un material radioactivo, esto es equivqlente a 1 gr de Radio - 226

La unidad Roentgen Equivalent Man (Rem) es el

equivalente al efecto que produce un Roentgen de rayos X en el ser humano, sea cual sea el material radioactivo

La cantidad de material radioactivo empleado en los densímetros nucleares son muy pequeñas y se mide en millicurie (mCi) y es de aproximadamente del 8-10 % de un mCi de Cesio-137. La energía de radiación gamma (γ) se mide en millones de electrón voltios (Mev).

NIVELES DE ENERGIA.

Entendemos por nivel de energía a la posición que tienen las orbitas de los electrones del átomo con relación a su núcleo.

El fotón es producido por el paso de un electrón del nivel "L" de energía al nivel "K" de energía y se manifiesta mediante la emisión de radiación luminosa.

La energía de radiación que lleva un fotón, se puede asemejar a un cuerpo que se mueve en el espacio y sobre el cual actúa una fuerza, cuando el fotón o rayo gamma choca contra un electrón se produce dos fenómenos:

Cuando toda la energía es absorbida por el electrón entonces el fotón se extingue, a esta forma de colisión que tiene el fotón con el electrón recibe también el nombre de proceso fotoeléctrico, esta forma de colisión solo se produce cuando el fotón solo tiene una energía de 0,02 Mev.

Cuando solo una parte de la energía del fotón es absorbida por el electrón, entonces el fotón cambia de dirección, a esta forma de colisión entre el electrón y el fotón se conoce como proceso de Compton, y se producirá cuando la energía radiación del fotón es mayor a 0,05 Miv y menor a 1,02 Miv.

Durante el proceso de medición de la densidad de los suelos, es este el fenómeno que se presenta con más frecuencia, debido a que la energía de radiación gamma empleada en los densímetros nucleares está comprendido en este rango, en el caso del Cesio - 137 es de 0,662 Mev.

En la práctica es muy difícil que solo ocurra una de estos fenómenos, en forma general se produce una combinación de ambos fenómenos o sea un proceso fotoeléctrico combinado con

un proceso Compton

ATENUACION.

Para poder entender en forma adecuado lo que ocurre cuando la energía de radiación gamma penetra la materia, es necesario comprender el proceso de absorción de la energía, para lo cual es necesario introducir un modelo matemático en el cual uno de los principales parámetros es el coeficiente de ATENUACION, este parámetro depende fundamentalmente de la siguiente información:

- Energía del fotón.
- Número atómico "Z" del material penetrado.

Es de nuestro conocimiento que en ingeniería civil se trabaja con diferentes tipos de suelos y agregados que están constituidos por diferentes componentes químicos con diferentes números atómicos (Z).

Si trataríamos que el coeficiente de atenuación dependiera del número atómico (Z) el densímetro nuclear tendríamos que calibrar para cada densidad, lo cual sería del instrumento completamente inútil, para obviar este imponderable se ha inventado el concepto de coeficiente de atenuación modificado.

Esta modificación consiste en emplear la relación número atómico/ peso atómico (Z/A) y en la energía del fotón, con lo cual el equipo puede ser empleado en cualquier tipo de suelo.

El modelo matemático planteado para la absorción de energía de radiación gamma es la siguiente:

$$\Delta I = I_0 * e^{-\mu^* \tau}$$

Donde:

ΔI = reducción de energía luminosa radiación gamma

I_0 = energía inicial luminosa de radiación gamma, que se necesita para atravesar una lamina de espesor "T"

T = espesor de lamina interior

μ = coeficiente de atenuación.

Pero este modelo depende de la densidad del medio que penetra la radiación gamma, para evitar esta dependencia de la densidad, se introduce

un coeficiente de atenuación modificado de masa (μ/ρ), donde ahora μ es el coeficiente de atenuación modificado independiente de " ", el nuevo modelo matemático modificado resulta así:

$$\Delta I = I_0 * e^{-\left(\frac{\mu}{\rho}\right) \rho^* \tau}$$

El coeficiente de masa modificado depende de la energía de radiación gamma, este valor viene definido por los fabricantes, en el caso de los densímetros nucleares marca Troxler que tienen una energía de radiación de 0,062 Mev, el valor de $\mu/\rho = 0,078-0,003$ valor que prácticamente es una constante, en la tabla 1 tenemos este coeficiente de atenuación de masa para algunos elementos químicos, que constituyen los componentes de los diferentes suelos y agregados.

TABLA - 1

Relación (μ/ρ) para diferentes elementos químicos componentes de los suelos
Energía del fotón = 0,662 Mev
Fuente radiactiva: Cesio - 147

ELEMENTO	% PESO	Z	A	Z/A	(μ/ρ)
Oxigeno (O)	47,3	8	16	0,50	0,0806
Hierro (Fe)	5,1	26	55,85	0,4655	0,0762
Calcio (Ca)	3,5	20	40,08	0,499	0,0809

DETERMINACION DE LA DENSIDAD.

La determinación de la densidad de los suelos y agregados podemos determinar mediante los siguientes dos procedimientos:

- Procedimiento directo.
- Procedimiento Backscatter.

El procedimiento directo, consiste en hacer pasar un haz de fotones a través del suelo cuya densidad se quiere determinar, el cual atenúa la radiación que es registrada mediante un contador Geiger- Muller, que se halla conectado a un circuito eléctrico.

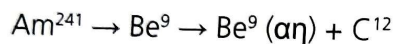
El procedimiento Backscatter tiene la fuente radioactiva de Cesio - 137 al mismo nivel que los contadores Geiger- Muller, el haz de fotones atraviesa el suelo cuya profundidad varía de acuerdo a la densidad.

DETERMINACION DE LA HUMEDAD

La determinación del contenido de humedad en los poros del suelo compactado, se realiza mediante los mecanismos que tiene la radiación de neutrones. Esta determinación de penderá del choque de los neutrones con el núcleo del átomo (termalización).

Sabemos que el núcleo del átomo tiene carga positiva, mientras que los neutrones no tienen carga eléctrica, este hecho hace que el choque tenga que producirse con mucha precisión.

En los densímetros nucleares empleados en ingeniería civil, la producción de neutrones se realiza mediante una reacción ($\alpha\eta$), para ello se emplea el Americium - 241 que produce partículas " α ", con las cuales se bombardea el Berilio-9, que produce la siguiente reacción:



Esta reacción quiere decir que la reacción del Americium con el Berilio produce neutrones y carbón -12. Los neutrones interactúan con la materia de las siguientes tres maneras:

- Dispersión inelástica.
- Dispersión elástica.
- Absorción

En el presente artículo enfocaremos únicamente la interacción absorción, en este tipo de interacción el neutrón entra en el núcleo del átomo, cuya energía sube considerablemente emitiendo radiación y convirtiéndose en otro elemento.

Como quiera que el neutrón no tiene carga eléctrica, no se puede detectar por medios directos, pero las partículas " α " y " ρ " resultantes de las reacciones ($\alpha\eta$) y ($\rho\eta$) pueden ser detectadas muy fácilmente, para su detección se emplea Helio- 3, en la siguiente tabla 2 se tiene la interacción de los neutrones con algunos elementos químicos.

TABLA - 2

ELEMENTO	COLISIONES ELASTICAS	SECCION DE ABSORCION
Hidrogeno	18,2	0,33
Carbono	115,4	0,0034
Nitrogeno	133,5	1,9
Oxigeno	152	0,0002

De la anterior tabla se puede ver que el Hidrogeno requiere solamente 18,2 choques producidos por neutrones para termalizarlos, este bajo número de choques que requiere el Hidrogeno para termalizar neutrones, es la base para el empleo de neutrones para determinar el contenido de agua en los suelos

3. CONCLUSIONES

Por lo expuesto precedentemente podemos concluir que los procedimientos de Supervisión y control de obras, en lo referente a la conformación de terraplenes compactados, destinados a obras de magnitud, donde las inversiones económicas son considerables, requieren disponer de medios y equipos adecuados que permita realizar la Supervisión y Control de Obras.

Los altos rendimientos que se tiene en la conformación de terraplenes, por efecto de la disponibilidad de equipo pesado de mayor capacidad que son fabricados por las diferentes empresas dedicadas a este rubro, hace que los trabajos de Supervisión y control de obras sean realizados en forma dinámica.

4. BIBLIOGRAFIA

Manual del Ingeniero Civil,
Frederich Merritt.

Verkehrsbau, Jurgén Schneider.

DAÑOS EN LA CONSTRUCCION CON PAVIMENTOS FLEXIBLES Y MANTENIMIENTO DE SUPERFICIES DE RODAMIENTO

Damages in the construction with flexible pavements and maintenance of road surfaces

Irusta, Carvajal Justo¹

Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Pública de El Alto, Villa Esperanza km 15, Ciudad de El Alto, Bolivia.

1 Ingeniero Civil, docente universitario, especialista en ingeniería de tráfico y vías.

Abstract

The main purpose of this research work, is to analyze the damage of surface generated by the construction and maintenance of the roads surface with asphalt concrete, as only a phase among the road construction, and to propose some procedure of work with asphalt concrete.

Using the knowed techniques for development the damage of surface generated by the construction and maintenance of the roads surface studies, the no relevant activities were eliminated the relevant work process were agruped by phases (construction and maintenance) and by activities are described and correction measures proposed. Finally, the paper contained the conclusions of the job.

Keywords: Flexible pavement - maintenance - construction - roads - technical

Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo analizar con detalle los defectos generados durante la construcción y mantenimiento de la superficie de rodamiento de las vías con pavimentos flexibles, que representa sólo una etapa en el proceso de construcción de vías, y proponer las medidas de corrección correspondientes.

Utilizando las técnicas conocidas para la realización de estudios de proyectos viales, se eliminaron aquellos que no fuesen relevantes y se agruparon por etapa (construcción y mantenimiento), así como por actividad. Se da una descripción de cada uno de los trabajos y se proponen las medidas de corrección correspondientes. Finalmente, se plantean las conclusiones inherentes a los trabajos desarrollados.

Palabras clave: Pavimento flexible – mantenimiento – construcción – vías – técnicas

Es motivo de preocupación e investigación los huellamientos generados por el tráfico sobre la construcción de vías, debido a su intensidad, magnitud y sobre cargas. Actualmente la situación de deterioro prematuro ha motivado que se puedan realizar estudios más específicos acerca de los procesos constructivos, actividades, equipos y materiales utilizados en la realización de trabajos, para determinar el grado de afectación que con llevan y de esta manera, poder establecer las medidas de mantenimiento correspondientes para minimizar o eliminar los efectos de un prematuro deterioro de las vías.

Por tanto, de manera específica la presente propuesta tiene los objetivos de analizar con

detalle los procesos constructivos generados durante la ejecución de obra y el mantenimiento posterior de la superficie de rodamiento de las vías con pavimentos flexibles, que representa un impacto económico en el proceso de construcción de vías, y se busca proponer las medidas de mantenimiento correspondientes.

Para fines de presentación de la presente se define al pavimento como una sección estructural formada por un conjunto de capas que soportarán la acción de las cargas producto del tránsito vehicular, las cuales son: subrasante, subbase, base y carpeta de éstos, únicamente la carpeta asfáltica, es decir la capa superficial, será la que sea analizada.



Fotografía No. 1 Pavimento asfaltico típico

Los objetivos de la presente propuesta son identificar y evaluar detalladamente los trabajos generados durante las etapas de construcción y mantenimiento de la superficie de rodamiento de las vías de pavimentos flexibles y proponer medidas para minimizar o evitar las afectaciones del tráfico y movilidad de tipo adverso.

Para ello, se menciona las siguientes actividades específicas:

- Identificación y descripción de las propiedades físicas y químicas de los materiales y sustancias involucradas en la construcción y conservación de la superficie de rodamiento de las vías de pavimentos flexibles.
- Análisis y descripción del procedimiento de construcción y conservación de superficies de rodamiento con pavimentos flexibles.
- Determinación de los inconvenientes que se generan durante la Construcción y

preservación futura de la superficie de rodamiento de las vías de pavimentos flexibles.

- Propuesta de las medidas para prevenir, minimizar, compensar los efectos adversos de cada uno de los deterioros identificados.

2. ANALISIS

CONCEPTOS GENERALES SOBRE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Definimos las mezclas asfálticas como la combinación de Agregados pétreos cuyas partículas están ligadas por algún tipo de asfaltos que actúa como aglomerante.

Las mezclas asfálticas se clasifican en base a diferentes factores como:

a) Por la Forma como se prepara

- Mezclas en sitio
- Mezclas en Caliente

b) Por la Temperatura de Mezclado:

- Mezcla en frio
- Mezclas en caliente

Las mezclas Asfálticas en caliente deben cumplir con los siguientes requisitos:

Estabilidad: Deben poseer capacidad de soportar las sollicitaciones de tráfico (esfuerzos normales y tangenciales) sin sufrir deformaciones a futuro como ondulaciones y ahuellamientos.

Flexibilidad: Deben poseer capacidad para adaptarse a las deformaciones elásticas que sufren las capas inferiores (base, sub base-base) sin romperse ni fatigarse.

Durabilidad: Deben conservar sus propiedades originales durante su vida de servicio, resistiendo la acción destructiva del tráfico y los agentes atmosféricos (agua y aire).

Propiedades Antideslizantes: Las mezclas asfálticas constitutivas de las capas de rodamiento no deben sobre compactarse con el transito a extremos de que aflore el asfalto a la superficie tornándola resbaladiza. Tampoco los agregados pétreos que la integran deben ser

susceptibles al pulimiento por efecto abrasivo del tráfico por lo que es importante la dureza y calidad de agregados.

Compactibilidad: Deben ser trabajables a fin de que con la compactación alcancen las densidades de diseño y consecuentemente la estabilidad requerida.

En la determinación de las propiedades de la mezcla asfáltica, uno de los parámetros que es sujeto de una cuidadosa investigación es la temperatura de compactación, ya que las partículas duras, arena y grava, se encuentran íntimamente ligadas entre sí por un material visco-elástico cuyas características varían según la temperatura. No debe perderse de vista que a temperatura ambiente (25 °C) el asfalto posee características adherentes muy pobres, por lo que una mezcla fabricada bajo estas condiciones podría mostrar una densidad apropiada y tener una resistencia deficiente. Lo contrario podría indicarse en cuanto a la estabilidad, si la mezcla se llevara a cabo a una temperatura en que la viscosidad del asfalto sea muy baja.

Por otro lado con el objetivo de lograr pavimentos asfálticos con una vida útil apreciablemente mayor y por consiguientes costos de mantenimiento menor, AASHTO indico discusiones orientados hacia la investigación de ligantes asfálticos y mezclas asfálticas.

Entre algunos de los aspectos más notables, se pueden destacar los siguientes:

- La granulometría de los agregados en las mezclas asfálticas, es de importancia primordial.
- El envejecimiento de las mezclas asfálticas está influenciado por la estructura que se forma entre los agregados y el asfalto.
- No existe evidencia que indique que el envejecimiento del asfalto, individualmente, esté correlacionado con el envejecimiento de las mezclas asfálticas.
- El envejecimiento de ciertos asfaltos está fuertemente mitigado por algunos agregados, pero no por otros. Lo anterior parece estar relacionado por la adherencia química entre el asfalto y los agregados.

En general se afirma que para la elaboración de pavimentos flexibles:

- La distribución granulométrica de los agregados juega un papel determinante en el comportamiento de las carpetas asfálticas.
- La función del asfalto es estrictamente la de un ligante, y no proporciona las características de un cemento hidráulico al producto final.
- La capacidad de carga de una carpeta asfáltica es proporcionada esencialmente por los agregados.
- El envejecimiento de las carpetas asfálticas no está determinado únicamente por el envejecimiento del asfalto; un parámetro más importante, según las investigaciones lo constituye la estructura de adherencia entre agregado y asfalto.
- La temperatura de compactación es de primordial importancia. Este es un parámetro que debe ser minuciosa y permanentemente vigilado. De la compactación a temperatura adecuada depende una eficiente adherencia entre las partículas del agregado y, por lo tanto, la estructura inter partícula.
- El empleo de agregado con tamaño máximo elevado y con una granulometría apropiada, incrementa la capacidad de carga a menores deformaciones, de las carpetas asfálticas.
- Es muy importante llevar a cabo un permanente control en obra de la distribución granulométrica de los agregados.

DESCRIPCION DE PROPIEDADES QUIMICAS, FISICAS Y TOXICOLOGICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO

La época actual se caracteriza por el uso intenso de sustancias químicas, sea en las áreas agrícolas o en la actividad industrial, como puede ser la construcción de vías y por la preocupación de la población acerca de los efectos nocivos producidos por esos agentes químicos.

Las propiedades químicas, físicas y toxicológicas de los materiales empleados en la construcción de pavimentos flexibles, son fundamentales para detectar los efectos negativos en los organismos y en la salud humana.

El desarrollo de la industria petrolera, permitió el uso del bitumen asfáltico (obtenido como un residuo de la destilación del petróleo) con agregados de granulometría controlada. Al residuo se le empezó a reprocesar, obteniendo con ello los cementos asfálticos de diferentes tipos, los cuales, remezclados con diferentes tipos de solventes, daban lugar a los asfaltos rebajados para su aplicación "en frío", en mezclas con agregados pétreos.

Otra forma que se aplicó más recientemente para la utilización de los cementos asfálticos, para su aplicación en pavimentos, fue dispersándolos en agua, premezclada con emulsificantes, a lo que se ha llamado emulsiones asfálticas.

En los últimos años, la tecnología del empleo de los productos asfálticos ha evolucionado considerablemente, siendo ya, un tanto común, el empleo de diferentes tipos para obtener diferentes características de comportamiento, tales como: emulsiones con látex, cementos asfálticos con azufre, asfaltos con polímeros, asfaltos oxidados, adición de geotextiles, entre otros; lo que ha ido aparejando al desarrollo de equipos para la elaboración de mezclas, más completos, efectivos y sofisticados.

La forma de confirmar estas causas-efectos sería con la realización de estudios epidemiológicos relacionados con la sustancia en cuestión y que corresponden a las sustancias que se mencionan en este artículo.

Aditivos

Una de las alternativas constructivas que se presentan hoy en día es la fabricación de aditivos que permiten elaborar emulsiones de rompimiento controlado, asfaltos dotados de baja susceptibilidad térmica y elevada cohesión cuyas condiciones son necesarias para resistir altos volúmenes de tráfico.



Fotografía No. 2 Superficie de rodadura con tráfico intenso

SUSTANCIAS

Plástico

Es utilizado en la construcción de carreteras, adicionándolo en cantidades relativamente pequeñas en las mezclas asfálticas para pavimento.

La molécula de plástico natural se compone de una cadena muy larga de muchas unidades tipo isopreno ($-\text{CH}-\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{n}$), retorcida en forma helicoidal, lo que produce la elasticidad del caucho. Esta cadena larga puede dividirse en varias más pequeñas por diversos procesos, en cuyo caso se dice que el caucho se degrada. El peso molecular puede reducirse desde un millón hasta unos pocos millares según la intensidad de degradación. El calentamiento y el molido son dos de los procesos que conducen a la degradación. La velocidad de degradación depende de la temperatura y del material en que se dispersa el caucho.

Emulsiones

Las emulsiones asfálticas constituyen otro de los procedimientos que se usan para fluidificar el

cemento asfáltico y hacer aplicaciones en frío. Son emulsiones generalmente del tipo de aceite en agua, en que la fase dispersa o interna es el asfalto en forma de pequeños glóbulos y la fase continua o externa es el agua.

Para la elaboración de las emulsiones tienen que emplearse pequeñas proporciones de ciertos productos químicos conocidos como emulsificantes, tanto para facilitar la formación de las dispersiones, como para mantener en suspensión los glóbulos del asfalto disperso. Si no existiese el emulsificante, una dispersión de pequeñas gotas de asfalto en agua formada mediante agitación, se separaría rápidamente en dos capas. Con la presencia del emulsificante se forma una película de él adsorbida alrededor de cada glóbulo, la que al modificar las propiedades de la interfase, impide la floculación de las partículas de asfalto y hace estable la emulsión.

Para las emulsiones asfálticas normales que se usan en carreteras los porcentajes de emulsificante varían de 0.5 a 1.0 % en peso, con respecto a la emulsión. Esta cantidad proporciona una protección razonable contra la coagulación de las partículas de asfalto, pero en ciertos casos es necesario dar una protección

adicional y se requiere una cantidad mayor de emulsificante que actúa como estabilizante de la emulsión. De acuerdo con su resistencia a la coagulación, las emulsiones se clasifican en los 3 grupos siguientes:

- Emulsiones inestables o de rompimiento rápido, que contienen una cantidad mínima de emulsificante.
- Emulsiones semiestables o de rompimiento medio, con mayor cantidad de emulsificante que las anteriores.
- Emulsiones altamente estabilizadas o de rompimiento lento, que son las que contienen la mayor proporción de emulsificante.

Los estabilizantes pueden ser adicionados bien sea durante la fabricación de la emulsión o durante una etapa posterior. Los más comúnmente empleados son la caseína y los jabones de potasio o resina de vinzol. La práctica ha demostrado que las emulsiones en que intervienen dos ó más estabilizantes a la vez, son más estables.

Las emulsiones asfálticas se clasifican principalmente en aniónicas y catiónicas dependiendo de la naturaleza del emulsificante.

Plástico incorporado al asfalto

Entre los materiales incorporados al asfalto que le imparten mejores características de resistencia, flexibilidad y adhesividad, existen compuestos tales como quemado de carbón, plástico, silicones y fillers.

El concepto de pavimentos con plástico (elastómero) en el asfalto se originó en Inglaterra y Holanda por los años de 1930 a 1940. A la fecha se han construido numerosas carpetas de pavimento conteniendo plástico natural o sintético en muchos países. Sin embargo, no se ha reunido mucha evidencia para mostrar comparaciones cuantitativas entre el comportamiento de los materiales asfálticos con plástico y sin plástico. En algunas ocasiones las carpetas con plástico han sido de mucho éxito, pero en otras los resultados no han sido tan alentadores. Esto refleja cierta insuficiencia de conocimiento sobre las funciones que el plástico (elastómero) desarrolla en la carpeta del pavimento.

Se ha visto que pequeñas cantidades de plástico producen grandes cambios en las propiedades del asfalto, la viscosidad aumenta mucho, se reduce la susceptibilidad a la temperatura, el punto de reblandecimiento del asfalto aumenta y la fragilidad a bajas temperaturas se reduce. Se aumenta la resistencia de la carpeta al impacto y el asfalto muestra notable recuperación elástica al ser deformado.

Quemado de carbón

Es un polvo fino derivado de la combustión, como el hollín producido por el humo de las velas y lámparas de kerosina o el de chimeneas. Sin embargo, lo que no se conoce bien es que este material finamente pulverizado e intensamente negro se produce en grandes cantidades como materia prima para el elastómero de las llantas, la tinta para impresión y otras industrias. Los productos comerciales de carbón, en forma esencialmente pura, varían en propiedades desde el diamante, muy duro, denso y brillante, hasta productos de densidad y cristalinidad menor como el grafito, el negro de carbón, el coke y el carbón vegetal. El quemado de carbón es único entre estos materiales, pues solo él se forma de la descomposición de hidrocarburos vaporizados. La pirolisis (descomposición química por el calor) en fase de vapor produce un humo que contiene partículas de negro de carbón de tamaño increíblemente pequeño, alta superficie específica y un contenido de carbón de más de 97 %.

El costo del concreto asfáltico usando quemado de carbón puede subir hasta un 30 ó 35 %, pero puede estar justificado, tomando en cuenta las mejores características de resistencia y duración de la mezcla.

Silicones

La adición de pequeñas cantidades (1 a 2 ppm) de cierto tipo de silicones al cemento asfáltico, se ha encontrado que mejora de manera importante la facilidad de manejo y la colocación de capas de pavimentos asfálticos de mezclas en caliente, así como la uniformidad de la textura superficial. También se consigue prolongar considerablemente el tiempo en que una mezcla puede ser almacenada en silos antes de su utilización. La adición del silicón al cemento asfáltico se efectúa en la planta de fabricación de concreto asfáltico.

Estudios realizados demostraron que las pequeñas cantidades de silicón agregadas, no dieron lugar a cambios importantes en la consistencia de los asfaltos, medidas por pruebas de penetración o viscosidad, ni afectaron sensiblemente la susceptibilidad al endurecimiento por calor. Mejora las características de adhesividad asfalto-agregado.

Fibras

El empleo de fibras en la elaboración de mezclas asfálticas data de los años 70 y la adición de los diferentes tipos de éstas ha venido evolucionando en la misma medida en que la industria de las fibras lo ha hecho. La adición de fibras ha jugado un papel muy importante en la modificación de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas, obteniéndose Mezclas Asfálticas Armadas, (MAA), las cuales pueden considerarse como mezclas asfálticas especiales. Dentro del amplio mundo de las fibras existen muchos tipos con características morfológicas y mecánicas diferentes que en función de su origen químico se pueden clasificar en tres grupos principales:

- *Fibras Minerales:* Son rígidas y frágiles a corte, tiene alto módulo y baja flexibilidad, son hidrófobas y entre ellas se encuentran la de amianto, fibra de vidrio y lana de roca.
- *Fibras Orgánicas:* Son semirrígidas en seco, tienen una baja recuperación a las sollicitaciones a tensión, tienen un bajo módulo y flexibilidad media, son biodegradables y absorben mucha agua como las fibras celulósicas.
- *Fibras Sintéticas:* Poseen una buena recuperación a sollicitaciones a tensión, un módulo medio y una alta flexibilidad, son hidrófobas. En este grupo están las fibras acrílicas y las de polipropileno. Las adiciones de fibras sintéticas acrílicas utilizadas están entre un 0.3% y un 0.6% sobre peso del agregado.

Asfalto

Los materiales asfálticos son materiales bituminosos con propiedades aglutinantes, sólidos, semisólidos o líquidos, que se utilizan en estabilizaciones, en riegos de impregnación, de liga y de sello, en construcción de carpetas y en elaboración de mezclas y morteros, usados en

pavimentación. Los tipos de materiales asfálticos que pueden emplearse son los siguientes:

- Cementos asfálticos
- Asfaltos rebajados
- Emulsiones asfálticas

El residuo que queda después de extraer al petróleo los solventes y aceites ligeros, se somete en la planta a alguno de los tratamientos que se describen, es decir, al método de destilación o de extracción de solventes, con lo que se llega al cemento asfáltico, material sólido o semi-sólido a temperatura ambiente.

Los asfaltos líquidos (asfaltos rebajados y emulsiones asfálticas), se fabrican fluidificando el cemento asfáltico, bien sea mediante la adición de solvente, con lo que se obtienen los asfaltos rebajados, o emulsionándolo en agua, produciéndose las emulsiones asfálticas.

Dado lo complejo de la química de los asfaltos, las especificaciones para su utilización en pavimentos han sido desarrolladas hasta ahora tomando como base pruebas para la determinación de propiedades físicas únicamente (pruebas de penetración, viscosidad y ductilidad), aún cuando estas propiedades pueden clasificar diferentes productos en una misma categoría teniendo distintas características de comportamiento en lo referente a deformación permanente y fracturamiento por fatiga. Casi todo el asfalto utilizado hoy en día proviene de la refinación de crudos de petróleo. Las propiedades físicas del asfalto en la pavimentación son: durabilidad, adhesión y cohesión, susceptibilidad a la temperatura, resistencia al envejecimiento y endurecimiento, ductilidad y solubilidad en compuestos polares.

Cementos asfálticos

Es el residuo final del proceso de destilación del petróleo. Para el uso en pavimentación es necesario que los cementos asfálticos posean una consistencia adecuada al clima y tráfico que soportara el pavimento a construir por la que las refinerías deben satisfacer estos requerimientos produciéndose cementos asfálticos de una amplia gama de consistencias expresadas por su penetración o su viscosidad.

Tipo de asfalto Residuo de asfalto base % (en Volumen)

Indica la viscosidad cinemática (en centi stokes) mínima de ese grado, determinada a 60°C de temperatura.

RC-30	>55	Rocosos
RC-70	>65	
RC-250	>75	
RC-800	>80	
RC-3000	>80	
MC-30	>50	De los elementos minerales conocidos comúnmente como rocas de tipo o composición particular, son de interés para el presente trabajo aquellos que reúnen características como resistencia, flexibilidad, dureza, entre otras dependiendo de la capa estructural del pavimento que van a constituir y de su tamaño para clasificarlas como gravas y arenas (Tabla 1).
MC-70	>55	
MC-250	>67	
MC-800	>75	
MC-3000	>80	
SC-30	-	De manera general es posible reportar que la exposición a estos materiales no tiene efectos en la salud humana, sin embargo el proceso de trituración es donde se genera una cantidad considerable de partículas suspendidas o polvos respirables que en exposiciones prolongadas (años) sí pueden ocasionar enfermedades pulmonares.
SC-70	>50	
SC-250	>60	
SC-800	>70	
SC-3000	>80	

Esta nomenclatura para los diluidos esta basada en la viscosidad cinemática. El índice 30, 70 etc.

Tabla 1 Características físicas recomendables de los materiales pétreos

CARACTERISTICAS CALIDAD DESEABLE ADECUADA

Granulometría: (Mat.<0.074 mm)	Zona Granulométrica	Tamaño Máximo (mm)	Finos (%)
	--	38	0 - 4 máx.
	--	38	0 - 8 máx.
Humedad Natural	(W %) 0,1 máx.		
Índice Plástico	(IP %) 0,5 máx.		
Equivalente Arena (%)	60 min. 55 min.		
Desgaste Los Ángeles (%)	30 máx. 40 máx.		
Partículas Alargadas (%)	25 máx.		

Tabla 2 Características físicas de la grava y criterios de calidad

GRANULOMETRIA

CLASIFICACION	TAMAÑO	% QUE PASA
2"		
1 1/2"	5.08 cm	100
3/4"	3.81 cm	95-100
3/8"	1.90 cm	35-70
Núm. 4	0.95 cm	10-30
	4.760 um	0-5

REQUISITOS DE CALIDAD

Desgaste "Los Angeles" 40%
Intemperismo Acelerado 12%

Tabla 3 Características físicas de la arena y sus criterios de calidad

GRANULOMETRIA

CLASIFICACION	TAMAÑO	% QUE PASA
3/8"	0.95 cm	100
Núm. 4	4,760 um	95-100
Núm. 8	2,380 um	80-100
Núm. 16	1,189 um	50-85
Núm. 30	600 um	25-60
Núm. 50	300 um	10-30
Núm. 100	150 um	2-10
Núm. 200	75 um	4 máximo

Agua

Líquido incoloro casi inodoro e insípido, esencial para la vida y considerado como el disolvente universal. Punto de fusión de 0°C (32 °F), punto

de ebullición de 100°C (212 °F), gravedad específica (4 °C) 1.0, peso por galón 8.337 libras (a 15 °C). Las principales sustancias perjudiciales y concentraciones en el agua utilizada en la fabricación de concreto se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4 Sustancias perjudiciales y concentraciones en el agua utilizada en concreto

Sulfatos (convertidos a Na ₂ SO ₄)	1000 ppm
Cloruros (convertidos a NaCl)	1000 ppm
Materia Orgánica (óxido consumido en medio ácido)	50 ppm
Turbiedad y/o lignito	1500 ppm

DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE SUPERFICIES DE RODAMIENTO CON PAVIMENTOS FLEXIBLES

Para el diseño de mezcla asfáltica normalmente se consideran las propiedades de comportamiento, condiciones y calidad, que dificultan, en definitiva, al proyecto de una mezcla. Algunas de las propiedades son por ejemplo: estabilidad, cohesión y vacíos en la mezcla, así como vacíos en el agregado mineral, flujo de la mezcla a determinadas temperaturas y peso volumétrico.

Una carpeta de mezcla asfáltica, debe contribuir en la reducción de los esfuerzos verticales que inciden en las capas inferiores, siendo esta contribución mayor conforme se incrementa el espesor de la carpeta.

Mezclas *in situ* en frío

Las carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar, son las que se construyen en la carretera mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos y un material asfáltico.

Los materiales asfálticos que deben emplearse en la construcción de carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar, son rebajados de fraguado rápido o medio, o bien, emulsiones de rompimiento medio o lento; para los riegos de liga, deben emplearse cementos asfálticos, rebajados o emulsiones de rompimiento rápido, del tipo fijado en el proyecto, incluyendo la necesidad de utilizar un aditivo.

Antes de proceder a la construcción de la carpeta por el sistema de mezcla en el lugar, la base debe estar debidamente preparada e impregnada.

REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

El proyecto normalmente especifica, en cada caso, el lapso que debe transcurrir entre la impregnación de la base y la iniciación de la construcción de la carpeta.

Salvo que se ordene lo contrario, se da un riego de liga con petrolizadora en toda la superficie que quedará cubierta con la carpeta, utilizando un material asfáltico del tipo y en la cantidad que fije el proyecto. Este riego debe darse antes de iniciar el tendido de la mezcla asfáltica, dejando transcurrir entre ambas operaciones el tiempo necesario para que el material asfáltico regado adquiera la viscosidad adecuada.

Antes de aplicar el riego de liga sobre la base impregnada, ésta debe estar barrida para dejarla exenta de materias extrañas y polvo; además, no tiene que haber material asfáltico encharcado.

En los casos en que el material pétreo no satisfaga los requisitos granulométricos señalados, se le debe agregar uno o más materiales en las cantidades que se indiquen, procedentes del mismo o de otros bancos, que se mezclarán en seco, de acuerdo con lo fijado en el proyecto. La verificación de la calidad de los materiales y la mezcla asfáltica se realizan con las pruebas indicadas en la normatividad.

Cuando se emplean motoconformadoras para efectuar la mezcla de los materiales pétreos y asfálticos, debe aplicarse este último por medio de petrolizadora y en el número de riegos que se requiera sobre el material pétreo parcialmente extendido. Después de cada riego se procede a revolverlos, con objeto de facilitar la incorporación del material asfáltico al pétreo. Una vez que se haya aplicado toda la cantidad de material asfáltico fijada, se efectúa un mezclado final hasta obtener un producto homogéneo.

Es importante señalar que no debe regarse material asfáltico si el pétreo contiene una humedad superior a la de absorción, o tiene agua superficial, aún cuando se usen aditivos, excepto cuando se empleen en emulsiones, en cuyo caso tiene que fijarse mediante pruebas físicas una humedad aceptable.

Cuando el material pétreo contenga una humedad excesiva se procederá a orearlo, extendiéndolo por medio de una motoconformadora u otro equipo adecuado para esta operación, hasta

lograr que el material tenga una humedad que no perjudique su adherencia con el asfalto.

La mezcla asfáltica elaborada con asfaltos rebajados se curará oreándola, para lo cual se revolverá con motoconformadora u otro equipo, el tiempo suficiente para que se volatilice una parte del disolvente y se obtenga así la relación disolvente-cemento asfáltico de la mezcla, fijada en el proyecto.

Cuando se elaboren las mezclas asfálticas con emulsiones de rompimiento medio o lento, se recomienda aplicar un riego previo de agua para dar la humedad fijada. Una vez curada la mezcla asfáltica a satisfacción, se tiende en el ancho y espesor fijado en el proyecto. Esta operación se hace normalmente con motoconformadora o con otra clase de equipo adecuado.

Después de tendida la mezcla asfáltica y antes de iniciar la compactación, se verifica que la relación disolvente-cemento asfáltico de la mezcla, sea la fijada en el proyecto; de encontrarse correcta se iniciará la compactación utilizando un rodillo liso tipo tándem, adecuado para dar un acomodo inicial a la mezcla, a continuación se compacta la mezcla utilizando compactadores de llantas neumáticas adecuados para alcanzar el grado mínimo que fije el proyecto; inmediatamente después se emplea una plancha de rodillo liso para borrar las huellas que dejen los compactadores de llantas neumáticas.

Mezclas en planta, en caliente (cemento asfáltico)

Las carpetas de concreto asfáltico son las que se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos.

En la elaboración de los concretos asfálticos se emplean exclusivamente cementos asfálticos; para el riego de liga se usan cementos asfálticos, asfaltos rebajados o emulsiones de rompimiento rápido. Cuando se requiera de un aditivo, se especificará dentro del proyecto. Antes de proceder a la construcción de la carpeta por el sistema de mezcla en el lugar, la base debe estar debidamente preparada e impregnada. El proyecto fija, en cada caso, el lapso que tiene que transcurrir entre la impregnación de la base y la iniciación de la construcción de la carpeta. Se da un riego de liga, con petrolizadora en toda la

superficie que quedará cubierta con la carpeta, utilizando un material asfáltico del tipo y en la cantidad que fije el proyecto.

Este riego se da antes de iniciar el tendido de la mezcla asfáltica, dejando transcurrir, entre ambas operaciones, el tiempo necesario para que el material asfáltico regado adquiera la viscosidad adecuada.

Antes de aplicar el riego de liga sobre la base impregnada, ésta debe estar barrida para dejarla exenta de materias extrañas y polvo; además, no tiene que haber material asfáltico encharcado.

El concreto asfáltico se elaborará en plantas estacionarias que deberán constar de:

- Secador con inclinación ajustable colocado antes de las cribas clasificadoras y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de concreto asfáltico de la planta.
- A la salida del secador debe haber un pirógrafo para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo.
- Cribas para clasificar el material pétreo cuando menos en tres tamaños, con
- capacidad suficiente para mantener siempre en las tolvas material pétreo disponible para la mezcla.
- Tolvas de almacenamiento de material pétreo, que deben protegerlo de la lluvia y del polvo, con una capacidad tal que asegure la operación de la planta cuando menos durante quince minutos, sin ser alimentadas; deberán estar divididas en compartimentos para almacenar, por tamaños, los materiales pétreos.
- Dispositivos que permitan dosificar los materiales pétreos, de preferencia por peso y sólo en casos excepcionales por volumen. Los dispositivos deberán permitir un fácil ajuste de la mezcla en cualquier momento, para poder obtener la curva granulométrica de proyecto, tomando en cuenta la discrepancia tolerada.
- Equipo para calentar, en forma controlada, el cemento asfáltico, que garantice que este no será contaminado, provisto de un

termómetro con graduación de 20 °C a 210 °C.

- Dispositivos que permitan dosificar el cemento asfáltico, con una aproximación de 2 por ciento, en más o menos, de la cantidad fijada.
- Mezcladora, equipada con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado.
- Recolector de polvo y dispositivo para agregar finos.

El material rocoso debe calentar y secar para que la humedad que contenga sea inferior a 1 %, antes de introducirlo a la mezcladora. La temperatura del material pétreo debe estar de 120 °C a 160 °C en el momento de agregarle el cemento y la temperatura de la mezcla, entre 120 °C y 150 °C al salir de la planta de elaboración.

El concreto asfáltico se transporta en vehículos con caja metálica, cubierto con una lona que lo preserve del polvo, materias extrañas y de la pérdida de calor durante el trayecto.

Proceso de Construcción

Se presenta el diagrama de flujo correspondiente al proceso de construcción de superficie de rodamiento de pavimentos flexibles y a continuación se presenta la descripción detallada de cada etapa que lo integra.

Etapa de flujo del proceso de producción de pavimentos flexibles en planta en caliente y en obra en frío

- Dosificación en planta
- Transporte a la obra
- Mezclado extendedora
- Dosificación de materia prima
- Mezclado durante 40 seg.
- Camiones transportadores
- Materiales pétreos
- Asfalto a 130 - 150 °C
- Extendedora

Proceso de construcción de superficie de rodamiento de pavimentos flexibles

REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

- Toma de muestra compactación (corazón) apto - no apto
- Riego de impregnación riego de liga extendido
- Apertura al público

Riego de liga

Esta capa está constituida de emulsión de asfalto mejorado con elastómero. La dosificación por metro cuadrado es adaptada al tránsito y a la condición de la capa inferior pavimento. El objetivo de esta capa es llenar los vacíos y ligar sobre la totalidad de la superficie.

Como resultado de la experiencia práctica la dosificación varía de 0.5 a 1.0 l/m² de emulsión a 60 % de asfalto más elastómero. La construcción de la capa ligante debe ser realizada muy cuidadosamente, la elección de la cantidad de asfalto es importante a fin de asegurar una liga en todo punto, pero no debe ser excesiva para evitar el afloramiento del asfalto a través de la mezcla. La aplicación se hace con una petrolizadora convencional y se debe lograr una buena dosificación, por lo que se requiere verificar y medir al principio o al final del riego.

Extendido

El equipo utilizado es una extendidora común que debe tener una plancha pesada y debe ser arreglada especialmente para aplicar una carpeta con un espesor entre 1.5 y 2.5 cm.

La velocidad de tendido de la extendidora depende del modelo de la máquina utilizada y también de la manejabilidad de la mezcla. Generalmente se puede realizar entre 5,000 y 10,000 m²/día. Cuando se trata de una obra de volumen considerable y si las condiciones de tránsito lo permiten, es aconsejable utilizar dos tendedoras en paralelo.

Compactación

En la compactación únicamente se utiliza una aplanadora tipo tándem de rueda metálica que va directamente atrás, muy cerca de la extendidora. Cuando la capa inmediata inferior a la asfáltica esté muy deformada, es necesario una nivelación previa. El límite de la deformación admisible sin tener que nivelar, es

del orden de 2 cm, abajo de la regla de 3 m.

Toma de muestra

Se toma una muestra de la superficie de rodamiento de asfalto una vez que se ha terminado el procedimiento de construcción, se envía al laboratorio para su análisis y con los resultados que arrojen dichos análisis se determina si se conserva o es necesario reconstruir la superficie de rodamiento.

Análisis de la muestra

Se procede a ensayar el producto, sometiéndolo a un estudio completo y siempre sobre la base de las Normas de Laboratorio, realizando pruebas tanto a testigos extraídos de campo como a los fabricados en laboratorio hasta el momento (Inmersión-Compresión, módulo dinámico, fatiga, flexotracción, entre otros). Posteriormente se obtienen las características granulométricas, así como cantidad de betún, densidad y humedad, Obteniendo los datos necesarios para determinar la calidad del pavimento.

En el caso de que el pavimento cumpla con las especificaciones técnicas establecidas para la calidad del mismo, el tipo de suelo y tránsito, se procede a la apertura inmediatamente después de que el pavimento alcanzado la temperatura ambiente.

Cuando se encuentra que el pavimento no cumple con alguna de las especificaciones establecidas en la normatividad, se tienen dos alternativas que se tratan a continuación:

En los casos en que no se tiene un procedimiento de reciclado, se transporta todo el escombros del pavimento retirado a sitios donde se almacena, generalmente zonas despobladas sin ningún tipo de cuidado respecto a las afectaciones al ambiente que se puedan generar por el depósito no controlado de esos materiales, afortunadamente cada vez es menor la cantidad que se tira; la segunda alternativa es evidentemente el reciclado, pero aún es práctica no muy común en nuestro país por los costos y maquinaria involucrados.

CONSERVACIÓN
MEJORA

El sistema de La Pa por pav los cu preventi compor acción c pluviale desde l de rod subyac capaci

Algun pavim bache de la

El ma es, e mayc debic las v conv econ man han

Los frec

•

•

•

Ri

Lc lo

- Impermeabilizar el pavimento
- Restituir la rugosidad
- Sellado de grietas

El sistema de vías y calles en el departamento de La Paz está compuesto predominantemente por pavimentos flexibles con carpeta asfáltica, los cuales requieren de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar su buen comportamiento a lo largo de su vida útil. La acción combinada del tráfico y los escurrimientos pluviales producen daños que pueden variar desde la destrucción parcial o total de la superficie de rodamiento, hasta el deterioro de las capas subyacentes con la consecuente pérdida de la capacidad estructural del pavimento.

Algunas acciones para la rehabilitación de pavimentos flexibles, han consistido desde el bacheo y riegos de sello hasta la reconstrucción de la carpeta asfáltica.

El mantenimiento y rehabilitación de pavimentos es, en este momento, uno de los temas que mayor interés y preocupación han alcanzado, debido a que en Departamento de La Paz las vías son el principal modo de transporte, convirtiéndose en pilares de la actividad económica del departamento y a los costos de mantenimiento asignados anualmente, siempre han sido y serán insuficientes.

Los procedimientos de rehabilitación más frecuentes son:

- Renivelar pavimentos deformados con capas de mezclas asfálticas.
- Riego de sello: que son útiles y eficaces para proteger la superficie de rodamiento de la entrada del agua y mejorar la adherencia o fricción entre llantas y pavimento.
- Sobrecarpetas: con las cuales se trata de adecuar y reforzar el pavimento en cuanto a capacidad estructural para soportar el tráfico actual y futuro.

Riego de sello

Los riegos de sello se pueden clasificar dentro de los tratamientos superficiales y sus objetivos son:

- Proporcionar una capa delgada de rodamiento
- Rehabilitar un pavimento usado

Los riegos de sellos son utilizados como recubrimientos impermeabilizantes taponando y protegiendo el material sobre el que actúan las inclemencias climatológicas. Al renovar esta capa, se devuelve al pavimento sus características originales en el caso de que no haya daños estructurales o fatiga y como superficie de rodamiento, mejora la rugosidad que confiere propiedades antiderrapantes, buena drenabilidad del agua superficial, reducción del acuaplaneo y resistencia a la formación de hielo entre otros.

Además, los riegos de sello son tratamientos altamente competitivos desde el punto de vista económico, comparados con otras alternativas de capas de rodamiento. La materia prima requerida es principalmente alquitranes de hulla, productos derivados de petróleo y emulsiones aniónicas.

Ligante en riegos de sello

El propósito del ligante en un riego de sello, es pegar el agregado grueso a la base y sellar el pavimento. El tipo de ligante a emplear viene determinado por el tipo de sello, el perfil del pavimento, el tipo de base, el medio ambiente, el clima, el tiempo de vida estimado y el tiempo de apertura al tránsito requerido. Actualmente se emplean emulsiones asfálticas catiónicas para los riegos de sello debido a las grandes ventajas que presentan, como son:

- Fabricación y aplicación a bajas temperatura, por lo que consumen menos energía.
- No requieren de instalaciones de almacenamiento ni equipos de aplicación sofisticados.
- No presentan problemas de explosión ni de toxicidad durante la aplicación.
- Permiten trabajar en condiciones de temperatura y humedad adversa por lo que amplían los períodos de trabajo.
- Adquieren sus características finales

mediante el rompimiento de la emulsión y no por evaporación de los solventes, lo que proporciona un mejor comportamiento en los periodos fríos y húmedos.

- No se solidifican en contacto con el suelo.
- Presentan mejor adhesión a los agregados, debido a la humectación de los agregados por la fase acuosa, además de que los emulsificantes son promotores de esta adherencia.
- No requieren de solventes que reblandecen las bases asfálticas, provocan el llorado del asfalto y el embebido de los agregados.

Existen varios tipos de riegos de sello, de los cuales los más frecuentes son:

- Riego monocapa. Es el más versátil y el más comúnmente empleado para tráfico ligero o caminos con bajos volúmenes de tráfico.
- Riego bicapa. Recomendado para tránsito mediano y con bases heterogéneas. Mejora la impermeabilidad del pavimento original. Este procedimiento puede atenuar pequeñas deformaciones del pavimento.
- Doble engavillado. Ampliamente empleado en la actualidad y especialmente adaptado para condiciones de tránsito pesado, cuando es aplicado sobre bases resistentes y bien diseñadas.
- Riego sándwich. Da una estructura final semejante al doble engavillado. Es utilizado principalmente en carreteras secundarias.

Sobrecarpeta

Uno de los procedimientos de rehabilitación de pavimentos para reforzar su estructura mediante la adición de una sobrecarpeta de concreto asfáltico, consiste en barrer la superficie a tratar y calentar la parte superior de la carpeta

mediante sopletes acoplados a una plataforma móvil. Los sopletes se regulan a temperatura variable, dependiendo de la profundidad a la que se requiera efectuar la escarificación, de las condiciones de envejecimiento del asfalto y de sus propiedades termoplásticas; por consiguiente el avance de la plataforma móvil varía de 1.5 a 15 m/min. Debe evitarse calcinar el asfalto, lo que se advierte al producirse espesas nubes de humo.

Se realiza una escarificación de la superficie a una profundidad mayor de 1 cm (de preferencia 2 cm), mediante varillas y/o tornillos montados al chasis de la plataforma móvil y evitando fracturar los agregados. Se distribuye el material escarificado y se compacta con tándem de 8 a 10 toneladas. Esta fase puede suprimirse, pero sin la ventaja de permitir la circulación del tráfico inmediatamente.

Bacheo

El procedimiento correcto para la reparación de un bache consiste en remover el material de la carpeta dañado y en su caso puede llegar a removerse también material de la base y de las capas inferiores en la zona problema hasta la profundidad necesaria para lograr un apoyo firme. El corte debe extenderse lateralmente para abarcar por lo menos 30 cm del pavimento en buenas condiciones. Los cortes deben ser cuadrados o rectangulares con las paredes rectas y verticales, dentro de lo prácticamente posible.

Dos de las paredes deben formar ángulos rectos con respecto a la dirección del tráfico. Los cortes se pueden facilitar y hacer con más precisión si se utiliza una máquina cortadora a base de discos diamantados u otro equipo similar. Si el agua ha sido la causa de la falla, será necesario instalar subdrenaje o corregir el existente.

El siguiente paso consiste en aplicar un riego de impregnación en el fondo y en las paredes verticales; luego se rellena la excavación con mezcla asfáltica, elaborada en planta o in situ.

IDENTIFICACION DE DEFECTOS:

La identificación de los defectos es fundamental para incorporar cualquier proyecto en su entorno. Para lograr una adecuada identificación de los mismos existe una amplia gama de técnicas,

que van desde las más simples, en las que se evalúa cualitativamente el grado de afectación generado, determinando los principales defectos (frecuentes y/o importantes), hasta las de mayor complejidad, donde se evalúan las fallas cuantitativamente en función de factores como antecedentes de otros estudios, investigaciones específicas y principalmente la experiencia de los evaluadores de fallas en el proceso constructivo. Cualquier técnica que se emplee debe considerar básicamente el entorno donde se pretende insertar el proyecto y las características del mismo. La finalidad ideal que se persigue al aplicar las técnicas de análisis es cubrir las tres etapas del estudio: identificación, predicción y evaluación.

3. CONCLUSIONES

Se identificaron dos aspectos benéficos en la construcción y mantenimiento de superficies de rodamiento en pavimentos flexibles: la generación de empleos y, debido a que con la construcción de la carpeta asfáltica como superficie de rodamiento mejora de la operación en la vía, la comunicación rápida entre poblaciones, centros de desarrollo y sitios de interés, lo que se evalúa como significativo y es el principal objetivo de un proyecto vial.

Debido a que los bancos de material son inherentes a los proyectos viales, y especialmente, como proveedor de los agregados rocosos que requiere la superficie de rodamiento de pavimentos flexibles, se involucró la explotación de ellos en la evaluación de provisión de agregados. Las actividades requeridas para la explotación de los bancos de material, son las que mayor número de defectos adversos genera y que son más significativos en mayor número de procesos constructivos.

De las actividades específicas en la construcción y mantenimiento de la superficie de rodamiento de pavimentos flexibles, el tendido de mezclas asfálticas y la re nivelación son los que generan defectos adversos significativos.

Los elementos ambientales que sufren daños adversos significativos son el aire, el suelo y el agua. A este último se le identifica (en algunos casos) un impacto adverso significativo, más que por el daño que puede sufrir durante las actividades de construcción y mantenimiento

de la superficie de rodamiento de pavimentos flexibles.

Las materias primas empleadas para la construcción de superficies de rodamiento de pavimentos flexibles no implican un riesgo alto a la salud de los trabajadores, debido a sus bajas concentraciones, así como los tiempos de exposición reducidos y el factor de dilución al desarrollar los trabajos a la intemperie.

En las emulsiones asfálticas, además de no consumirse prácticamente solventes del petróleo, se evita también el uso de combustibles para su manejo y aplicación en la obra, ya que no requieren de operaciones de calentamiento, situación que a la vez favorece la protección del área de trabajo.

En relación a los cementos asfálticos, se tiene también el ahorro de los solventes, si bien en este caso son necesarias las operaciones de calentamiento para poder emplearlos. No obstante, los trabajos en que se utilizan cementos asfálticos son de mejor calidad y mayor duración, por cuyo motivo existe una compensación favorable con los costos que representan los combustibles requeridos para el calentamiento de los ingredientes, la fabricación y colocación del concreto asfáltico. Las plantas modernas para la elaboración de estos concretos asfálticos poseen ya aditamentos especiales para evitar fallas indeseables a la dosificación de mezclas asfálticas.

Los materiales pétreos empleados para la construcción de superficies de rodamiento de pavimentos flexible no implican un riesgo a la salud por sus características tóxicas, únicamente una acumulación de partículas en los pulmones puede causar alguna enfermedad pero gracias al factor de dilución debido a que el trabajo se desarrolla al aire libre, y a que los materiales se mantienen húmedos, no se tienen reportes de enfermedades en esta actividad.

Sin embargo, es importante destacar los efectos adversos que se identifican en el ambiente laboral, debido a que se generan gases con características tóxicas, ruido con niveles que pueden dañar el oído y en el manejo de sustancias identificadas como peligrosas, particularmente combustibles y solventes orgánicos. Por esta razón, es muy importante dotar de equipo de seguridad a

REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

los trabajadores de acuerdo a la normatividad que aplique (Secretaría del Trabajo y Previsión Social) y realizar y aplicar procedimientos por cada actividad que requiere la construcción y mantenimiento de superficies de rodamiento en pavimentos flexibles

En comparación con otros tipos de pavimentos, la desventaja más notable de los pavimentos flexibles es la generación de solventes, residuos de asfaltos y gases generados durante el calentamiento de los cementos asfálticos, estos gases son tanto producto de la combustión como de la volatilización de algunos componentes de los cementos. Es en las plantas de asfalto donde se tienen reportes de dolencias relacionadas a los solventes y componentes del asfalto en general, aunque no se precisa el componente con el cual están directamente relacionadas.

BIBLIOGRAFIA

Enciclopedia de Pavimentos aplicables en Bolivia
Ing. Mendieta Pacheco

El Asfalto y su aplicación Vial
Ing. Mendieta Pacheco



Study geologic of the state of the sub basin de Alpacomá of the department of La Paz

Huanca, Colque Froilan¹

Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Pública de El Alto, Villa Esperanza km 15, Ciudad de El Alto, Bolivia.

¹ Ingeniero geólogo, docente universitario carrera de Ingeniería Civil y Arquitectura.

Abstract

Puts on in consideration, the geologic information and of the structure of silts in the sub basin of Alpacomá that is of utility and importance for the taking of decisions of the institutions in charge of the prevention and attention of emergencies.

In this sense you plans a geologic study and of floors in the area of Alpacomá to incorporate parameters of importance that should be considered for an effective administration of the risk in the area that involves to the cities of La Paz and El Alto. To design solutions with regard to problems of the underground. Being this active area in relation to the slip processes due to several factors.

Key words: Structure of silts, sub basin, slip

RESUMEN

Se pone en consideración, la información geológica y de la estructura de sedimentos en la sub cuenca de Alpacomá, que sea de utilidad e importancia para la toma de decisiones de las instituciones encargadas de la prevención y atención de emergencias.

En este sentido se planifico un estudio geológico y de suelos en la zona de Alpacomá para incorporar parámetros de importancia que deben ser considerados para una efectiva Gestión del Riesgo en la zona que involucra a las ciudades de La Paz y El Alto. Para diseñar soluciones con respecto a problemas del subsuelo. Siendo esta zona activa en relación a los procesos de deslizamiento debido a varios factores.

Palabras claves: Estructura de sedimentos, Sub cuenca, deslizamiento

1. INTRODUCCION

La ciudad de La Paz, se halla entre la meseta altiplánica y la Cordillera Oriental, en un angosto y profundo valle, con una geología compleja y topografía sumamente irregular, caracterizado por fenómenos de remoción en masa, destacándose los flujos húmedos y flujos secos, los mismos generan áreas potencialmente inestables.

La subcuenca de Alpacomá se encuentra en la ladera occidental de la cuenca de La Paz entre los límites de la ciudad de La Paz y El Alto

El peligro de deslizamientos en la zona no solo asocia a la presencia de la falla geológica de Alpacomá, sino también por peligros como la

estructura del suelo, y el diaclasamiento debido al aumento de volumen de la arcilla, la presencia de aguas subterráneas, estas últimas afloran en gran magnitud en la zona, cuyos efectos de escorrentía provocan cárcavas internas y principalmente saturación del subsuelo.

Como docente de las materias de Geología Aplicada, geología de las carreras de Ing. Civil y Arquitectura respectivamente de la UPEA. Se organizó el trabajo de campo en la zona de Alpacomá, con el objetivo de identificar las causas que provocan la inestabilidad de las laderas, siendo los deslizamientos, hundimientos los fenómenos más frecuentes, para plantear alternativas de control. El estudio se dividió en dos etapas. En la primera se realizó un

relevamiento geológico, en la segunda etapa se escogió un sector específico donde se hizo el estudio de suelos.

Con este estudio se pretende avanzar en el conocimiento del peligro relacionado a eventos de remoción en masa en la zona.



Fig. 1: Imagen satelital de la zona de estudio

2. ESTUDIO GEOLOGICO

El marco geológico de Alpacoma, está, conformado por sedimentos del devónico Inferior, compuestas por rocas sedimentarias fragmentadas y diaclasadas como la pizarra en la parte inferior. Se sobreponen capas de conglomerado y areniscas cretácicas de la formación Aranjuez, que conforman el substrato de la cuenca de La Paz. En la parte superior observamos estratos gravosos, arcillosos y arenosos intercalados correspondientes a la formación La Paz del plioceno. Los depósitos cuaternarios son poco consolidados, formados por sedimentos fluviales, fluvio lacustres por efecto de procesos de remoción en masa geológicamente recientes.

La litología de la zona es homogénea poco consolidada, de relieve abrupto y de pendiente, con depósitos coluviales, afectados por un proceso de erosión interno intenso y movimientos gravitacionales, con un descontrolado sistema de aguas subterráneas y una escasa cobertura vegetal, además de la presencia de una falla geológica. Todos estos fenómenos naturales

podemos considerarlo como amenazas geológicas.

Los sedimentos de Alpacoma, están compuestos de una mezcla mayoritariamente de Arcilla, arena, limo y grava, formados por procesos geológicos relacionados a factores de agua, pendiente y litología que controlan los fenómenos de remoción en masa.

El agua subterránea actúa como agente erosivo y de alteración de suelos, desestabilizando su estructura interna. Las pendientes tienen una inclinación mayor a los 40°, las cuales coinciden con asentamientos humanos dispersos, observándose mayor población en sus límites con la ciudad de El Alto.

Los estratos arcillo arenosos tienen un buzamiento mayor a los 25°, los espesores de los estratos arcillosos varían de 3 – 1 m, los estratos arenosos tienen espesores entre 0.5 – 1 m en una ocurrencia alternada, predominantemente arcillosa.



Fig. 2: Estratificación Arcillo – Arenosa



Fig. 3: Estratificación de la zona de estudio

ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA DE SUELOS

a) Clasificación de suelos.

La norma AASHTO describe y regula el procedimiento para la clasificación de suelos y agregados, en base al análisis de la granulometría, que puede ser utilizada cuando se requiere una clasificación geotécnica, especialmente en la construcción.

El suelo de granulometría fina, de acuerdo a las normas AASHTO, se la agrupa dentro los suelos no aptos para la construcción es decir dentro de los suelos A -6, A - 7. Específicamente por la presencia importante de materiales finos, como la arcilla, limo, arena fina y mínimamente grava:

Por lo tanto la clasificación específica nos indica que se trata de un suelo:

Simbología	Descripción de suelo
Suelo: A - 6; A - 7	El suelo contiene materiales como la arcilla plástica entre el 55 - 60 %, arena fina, entre 20 - 25 %; la grava entre 5 - 10. % y el limo entre 3 - 5 %. Por tanto el suelo varía entre (CSGM) - (CSMG). De color entre Marrón claro en el límite con Llojeta, a rojizo en límite con Achocalla y la ciudad de El Alto.

Como conclusión:

Clasificación general	A - 6, A - 7
Límite líquido	A menor o igual a 61
Índice de plasticidad	A mayor o igual al 30
Materiales	Arcilla, arena, grava, limo
Calificación	Mala

Características geotécnicas.

Color de los materiales	Marrón claro, ligero bandeamiento rojizo
Contenido de humedad	Húmeda específica del 25 - 27 %
Densidad	Ligeramente compacta
Estructura	Estratificación fina
Espesor	Aproximadamente 80 - 280 cm
Textura	Arcillo arenosa
Origen	Origen del material Coluvio, aluvial y lacustre

c) Capacidad de soporte

La capacidad de soporte de un suelo, de acuerdo a las características de un suelo A-6, A-7, se las define de mala resistencia a la cizalladura, cuya resistencia de acuerdo a las propiedades mecánicas y físicas varían entre $0.5 - 1.0 \text{ Kg/cm}^2$

Los criterios empleados son las características de la geología local de la zona, el tipo de suelo y el valor de resistividad de estos suelos.



FACTORES ADICIONALES.

a) Infiltración de agua

El suelo de esta zona, muy aparte de la presencia de aguas subterráneas, recibe una permanente infiltración de agua, debido a las mangueras precarias que llevan este líquido elemento a las ladrilleras presentes en Alpacoma, que provienen de la ciudad de El alto.

Mangueras utilizadas por las ladrilleras presentes en la zona

Fig. 4: Permanente infiltración de agua

b) Agua subterránea y la precipitación pluvial

El área forma parte de una falla geológica (sensu strictu) permanente que se extiende hacia la planicie de El Alto, tiene los mismos problemas de inestabilidad de los suelos de toda la ladera oeste producto de las pronunciadas pendientes y la presencia constante de aguas subterráneas provenientes del altiplano.

En el sector de Alpacoma, el río Bajo Alpacoma ha sido sepultado debido a los frecuentes derrumbes. Sin embargo, el agua continúa escurriendo internamente. Además, el sector recibe las aguas servidas de Ciudad Satélite.



Fig.5: Río subterráneo aflorando en Alpacoma

La inestabilidad del suelo y subsuelo puede ocasionar un proceso de remoción en masa a gran escala que pone en riesgo al relleno sanitario de la alcaldía de La Paz, provocando la ruptura de las fosas del relleno sanitario, situación que daría paso a una filtración de los líquidos lixiviados, que son producto de la descomposición de la basura y que tienen un alto grado de toxicidad.

Esa filtración afectaría a las aguas subterráneas que corren hasta el río Achocalla y desde allí hasta Mallasa. Esta situación podría causar un alto grado de contaminación de los suelos. Alpacoma está formada por arcilla, altamente deleznable bajo la acción del agua.

El río subterráneo que viene de El Alto, en enero y febrero y marzo debido a la intensa precipitación baja con una velocidad tremenda y erosiona la subcuenca.

c) Cárcavas.

Las cárcavas en la zona son espacios vacíos en forma de socavones producidos debido a los suelos con pendiente de la zona a causa del agua subterránea, la estructura arcillosa con

presencia de estratos arenosos, a la precipitación pluvial y a la falta de cobertura vegetal, atacando las pendientes excavando cadenas de surcos que forman un sistema de cárcavas por debajo de la estructura interna del suelo blando. Alcanzando profundidades incluso mayores a los 50 metros.



Fig. 6: Fotografías de la presencia de sistemas de cárcavas en la zona y suelo blando en la zona

d) Erosión y diaclasamiento de las pendientes. Los cortes y las pendientes de la zona, muestran un proceso de erosión avanzado generando un diaclasamiento vertical en sus pendientes, provocada por la debilidad del suelo

y la humedad que absorbe la arena, la arcilla retiene parcialmente el agua de la precipitación generando el aumento de volumen en su estructura interna, provocando el diaclasamiento vertical de las pendientes luego del secado.

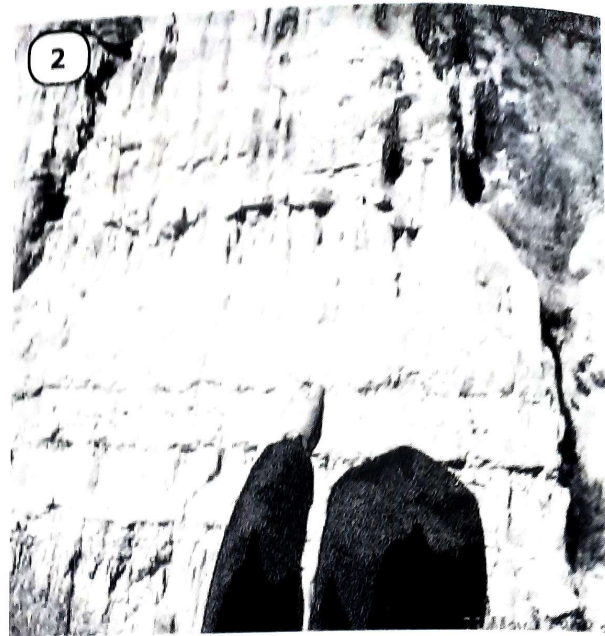
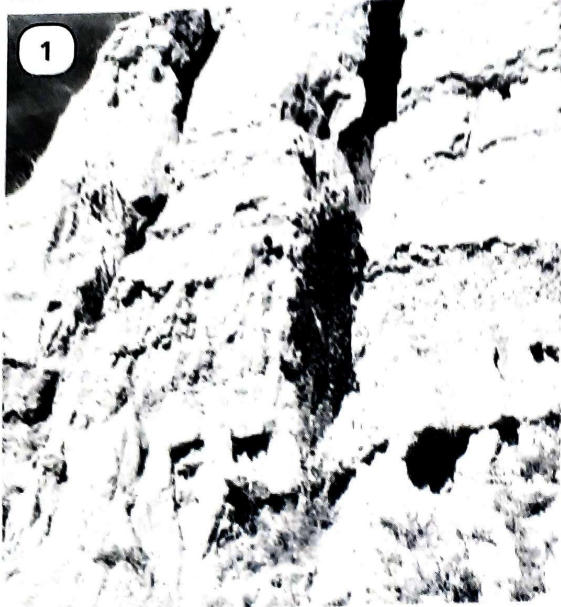


Fig. 7: Diaclasamiento vertical de los sedimentos

3. CONCLUSIONES

El conflicto del uso del suelo en la ciudad de La Paz, es un problema fundamentalmente geológico – geotécnico antes que de diseño urbanístico, donde los profesionales geólogos deben plantear alternativas de control que incorporen conocimientos básicos de su rama, e ir más allá, aplicar metodologías y propuestas destinadas a un uso acorde.

Alpacoma como otras zonas de la cuenca de La Paz, confronta dificultades debido a procesos naturales; donde la acción del agua erosiona fuertemente las laderas circundantes con el consiguiente arrastre y diaclasamiento. Por otra parte satura el suelo lo que se traduce en inestabilidad de las pendientes con la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes hasta hundimientos.

De acuerdo a la evaluación en el sector se reactivó unos antiguos deslizamientos ocurridos los años 1984 y 2003, ya que Alpacoma se constituye en una de las 39 zonas de riesgo. En la zona se observan varias grietas de tracción y cárcavas, por donde ingresan las aguas pluviales remojando aún más el terreno que cedió verticalmente 1 metro hacia el río, dejando a simple vista un desnivel del suelo en riesgo.

Recomendamos que toda intervención en la zona sea planificada, para evitar desastres mayores, especialmente si se utiliza maquinaria pesada.

4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realiza en el marco de la iniciativa de las materias de Geología Aplicada y Geología de las carreras de Ing. Civil y Arquitectura de la UPEA. Se agradece la colaboración en el trabajo a los estudiantes de ambas carreras.

5. REFERENCIAS

Blacutt, Quenta. (2003). Estudio de la cuenca hidrográfica de La Paz, Boletín informativo mensual de SERGIOMIN

ESTUDIO DE BIOINDICADORES Y BIOENSAYOS DE LA CALIDAD DEL AGUA Y CAMBIO CLIMÁTICO EN CARMEN PAMPA

Study de bioindicators and biotests of the quality of the water and climatic change in Carmen Pampa

Gutierrez, Vasquez Martha¹

Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Pública de El Alto, Villa Esperanza km 15, Ciudad de El Alto, Bolivia.

1 Docente universitario, especialista y postgrado en Medicina Veterinaria y Ciencias del Medio Ambiente.

Abstract

The objective of this work is to evaluate the Quality of the Water using bioindicators and biotests the same one it will allow to know the degree of contamination that presents these systems hydric and to recognize some indicative groups of the climatic change. The work you development in eight sampling points located in three basins of Carmen's Pampas Community. They have been considered two control points without contamination and six with human influence. The opposing results were negative in the control points what is manifested that it doesn't exist polluted waters. In the remaining points you dilute below if you could evidence contamination of their waters using both methods, this contamination is due to different sources that you/they come from the human activity between those but important accustomed to residuals that they derive of the agricultural activity of the plant of coffee and those been accustomed to that they originate of the different cattle productions. In relation to the indicators of the climatic change you could not evidence groups of the chain trophic of the water that can probably determine some alteration because these basins hydric don't suffer very extreme environmental changes.

Keywords: Environment, water, climatic change, contamination, solid residuals

Resumen

El objetivo de este trabajo es evaluar la Calidad del Agua utilizando bioindicadores y bioensayos la misma permitirá conocer el grado de contaminación que presenta estos sistemas hídricos y reconocer algunos grupos indicadores del cambio climático. El trabajo se desarrollo en ocho puntos de muestreo ubicado en tres cuencas de la Comunidad de Carmen Pampa. Se han considerado dos puntos de control sin contaminación y seis con influencia humana. Los resultados encontrados fueron negativos en los puntos de control lo que se manifiesta que no existe aguas contaminadas. En los puntos restantes aguas abajo si se pudo evidenciar contaminación de sus aguas utilizando ambos métodos, dicha contaminación se debe a diferentes fuentes que vienen de la actividad humana entre los mas importantes residuos sólidos que derivan de la actividad agropecuaria de la planta de café y los sólidos que se originan de las diferentes producciones pecuarias. En relación a los indicadores del cambio climático no se pudo evidenciar grupos de la cadena trófica del agua que puedan determinar alguna alteración probablemente porque estas cuencas hídricas no sufren cambios ambientales muy extremos.

Palabras clave: Medio ambiente, agua, cambio climático, contaminación, residuos sólidos

En la caracterización biológica de los cuerpos de agua, la cadena trófica (fitoplancton, zooplancton, invertebrados y peces) pueden ser utilizados como bioindicadores y bioensayos para determinar y evaluar la calidad del agua; los cuales presentan cierta tolerancia o sensibilidad a la contaminación. De estos eslabones los invertebrados bentónicos son los más utilizados por su tamaño, ubicación en el sustrato, estabilidad, corta duración de sus ciclos de vida, el bajo costo que implica el muestreo en relación a otros métodos físicos - químicos, su gran diversidad y tamaño y su gran diversidad y abundancia. Estas características permiten reflejar de manera clara y rápida los cambios producidos en los ecosistemas acuáticos.

Creemos que estos datos obtenidos en el presente trabajo permitirán plantear programas de conservación y uso adecuado de los recursos hídricos.

2. ESTUDIO

Objetivos

Objetivo general

Estudiar la composición de los invertebrados como bioindicadores de la calidad de agua y el cambio climático en diferentes arroyos de Carmen Pampa.

Objetivos específicos

- Determinar la composición de los invertebrados acuáticos
- Determinar la calidad de los cuerpos de agua en función al índice BMWP.
- Conocer la toxicidad de las aguas utilizar los bioensayos

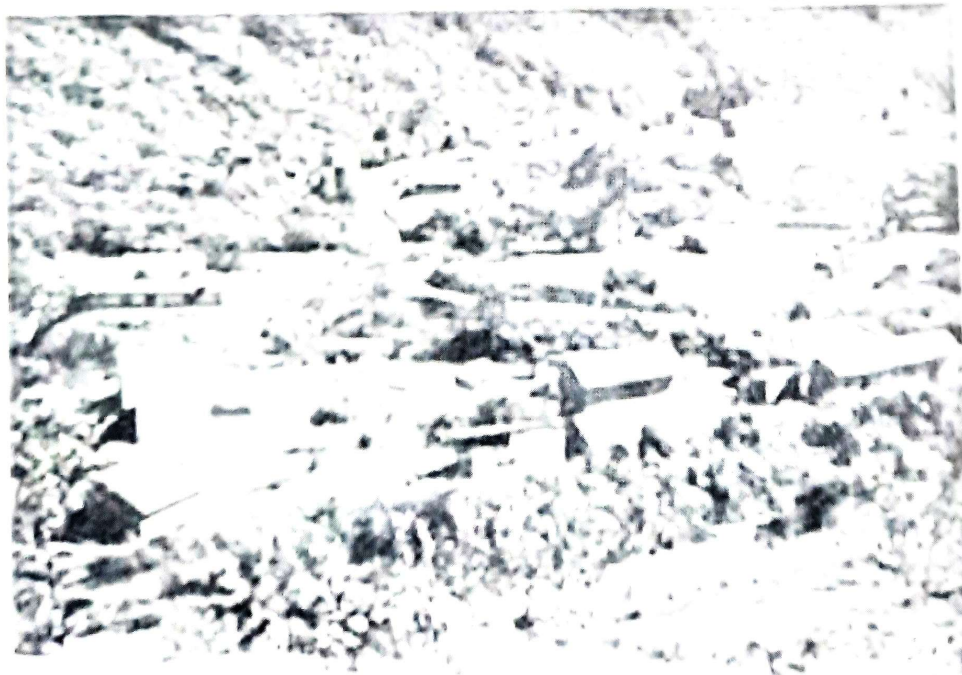
Área de estudio

La comunidad de Carmen Pampa, se halla ubicada al sur de Coroico perteneciente a la provincia Nor Yungas, se encuentra a 108 Km. de distancia desde la sede de gobierno La Paz, localizada a 16°20'30" de Latitud Sur y 67°50'00" de Longitud Este. Cuenta con una altura de 1850 m.s.n.m. Presenta condiciones ambientales que indica la tabla 1.

Tabla 1 Parámetros climáticos

Parámetros	Promedios
T (°C) media	19
T(°C) máxima	31
T (°C) mínima	11
Humedad relative (%)	81
Horas sol.	2
Precipitation (mm)	719

Estación Meteorológica de Carmen Pampa, 2005.



Fotografía No. 1 Localidad de Carmen Pampa

Carmen Pampa se caracteriza por presentar un clima húmedo tropical, la hidrografía está determinada por diferentes cuerpos de agua (arroyos) y asentamientos humanos que realizan perturbaciones físicas (muros de contención, entubamiento y otros), contaminación orgánica por el aporte de nutrientes, diferentes patógenos provenientes principalmente de los desechos producidos por las actividades antropogénica y química por el aporte de la agricultura.

Según el libro rojo de Bolivia 2009 se registraron 735 especies de flora de las cuales 346 son helechos, 56 melastomataceas, 21 aráceas, 17 bromelíneas, 2 cactáceas y 4 palmas. En relación a la fauna 284 especies de vertebrados de los cuales 66 mamíferos, 183 aves, 14 anfibios, 11 reptiles y 10 especies de peces y muchas de ellas endémicas para Bolivia.

Metodología

Toma de muestras de macroinvertebrados

En la colecta se utilizó una red de 250 micras en un balde lavando el sustrato como piedras, restos vegetales, raíces de plantas y otros.

Los especímenes colectados fueron conservados en frascos de plástico fijados con alcohol al 70 %, o formol al 10% debidamente etiquetado. En el laboratorio los organismos fueron identificados y evaluados cuantitativamente por taxa con la ayuda de estereomicroscopio y utilizando las claves taxonómicas de Merritt & Cummins (1983), Roldán (1988), Flowers & Domínguez (1992), Rojas *et al.* (1993), Domínguez *et al.* (1994) y Zúñiga & Rojas (1995), Fernández & Domínguez (2001).

Aplicación del índice BMWP'

Este índice se basa en la estructura de las comunidades como respuesta integradora a todos los factores que componen o alteran el ecosistema acuático. Se calcula en base a los diferentes grupos de macroinvertebrados identificados a nivel de familia, requiriendo únicamente datos cualitativos de su presencia o ausencia. El puntaje asignado del índice varía de 1 (familias tolerantes) a 10 (familias intolerantes a la contaminación).



Fotografía No. 2 Ecosistema del lugar



Fotografía No. 3 Medio ambiente



Fotografía No. 4 Entorno de Coroico

Resultados y discusión Identificación de macroinvertebrados

De los 8 puntos de muestreo se identificaron 13 familias que pertenecen a seis ordenes (Tabla 2): El orden Coleóptero es el que tiene mayor número de familias (4), seguido por los órdenes

Hemiptera (3), Ephemeroptera (2), Trichoptera (1), Plecoptera (1), Díptera (1), Odonata (1). El porcentaje de familias por cada orden está presentado en la figura.

Tabla 2 Macroinvertebrados y la puntuación según **BMWP'**

Familias-Índice	1	2	3	4	5	6	7	8
Chironomidae (2)	2	2	2	2	2	2	2	2
Baitidae (4)	4	4	4	x	4	x	4	x
Familias de hemíptera (3)	3	x	3	3	3	3	3	3
Odonata (8)	8	8	8	8	8	8	x	x
Elmidae (5)	5	x	5	5	5	x	5	x
Perlidae (10)	10	10	x	x	x	x	x	x
Hydroptilidae (6)	10	x	x	x	x	x	x	x
Psephenidae (10)	10	10	x	10	x	10	x	x
Leptophlebiidae (10)	10	10	x	x	x	x	x	x
Leptoceridae (10)	10	10	x	x	x	x	x	x
Total	72	54	22	28	22	23	14	5
Tipo de agua								

(A) (A) (Am) (Am) (Am) (Am) (N) (R)

Puntuación según el índice mayor a 40 = Azul - Considerada "Aguas no contaminadas" **(A)**
 De 30 a 40 = Verde - Levemente contaminada
 De 20 a 30 = Amarillo - Agua contaminada **(Am)**
 De 10 a 20 = Naranja - Muy contaminada **(N)**
 Menor a 10 = Rojo - Fuertemente contaminada **(R)**

Aplicando el **índice BMWP'** tabla 2, se observa que el punto 1 y 2 que corresponden al control presentan una puntuación mayor a 40 lo que indica aguas sin contaminación, los puntos de muestreo 3, 4, 5 y 6 con un rango de puntuación de 20 a 30 se considera aguas contaminadas, el punto 7 aguas muy contaminadas y finalmente el ultimo punto de

muestreo donde llega todas las aguas residuales de las actividades humanas principalmente agropecuarias presenta una categoría de aguas fuertemente contaminadas; estos resultados son apoyados por Roldan (1992) y Armitage, et al. (1983). En un trabajo similar realizado en cuencas con características similares.

Bioensayos

Se utilizo 10 Cladoceros del genero Daphnnia por cada punto muestreo, colocados en una caja Petri, se dejo esperar 24 horas para su posterior evaluación si estos mueren mas del 50% antes de este tiempo se considera aguas con algún grado de toxicidad, en el trabajo no se encontró aguas toxicas empleando la técnica.

3. CONCLUSIONES

- Los puntos de control no presentan contaminación
- Los puntos siguientes río abajo presentaron tres categorías de contaminación debido a las actividades agropecuarias.
- Utilizando los bioensayos se pudo observar que estas cuencas no presentan aguas tóxicas.
- En el trabajo no se pudo evidenciar organismos acuáticos indicadores del cambio climático

4. BIBLIOGRAFIA

- Roldán G. 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquía. Medellín 529 pp.
- Merrit & Cummins (1983). Aquatic insects of North America. Segunda Edición. Kendall/Hunt Pub. Co, Iowa EUA. 722p.
- Domínguez E., Hubbard M. & Peters W. 1992. Clave de ninfas y adultos de las familias y géneros de Ephemeroptera (Insecta) Sudamericanos. Biología Acuática 16. ILPLA.UNLP. La Plata. 32 pp.
- Domínguez E., Hubbard M. & Pescador M. 1994. Los Ephemeroptera en Argentina. Fauna de agua dulce de la República de Argentina. Buenos Aires. 33 (1): 1-142.
- Fernández H y Domínguez E. 2001. Guía de la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. EUdeT, Universidad Nacional de Tucumán, 282 p.
- Flowers R.W. & Domínguez E. 1992. New genus of Leptophlebiidae (Ephemeroptera) from Central and South America. *Entomol. Soc. Am.* 85 (6): 655-661.





Carrera de Ingeniería Civil