



CONSTRUCTORA

PORCEL

SOMOS EXPERTOS EN CONSTRUCCIÓN, DISEÑO Y ARQUITECTURA.
OFRECEMOS SERVICIOS DE SUPERVISIÓN Y DIRECCIÓN DE OBRAS,
MEDIANTE EL SISTEMA DE GESTIÓN LEAN - BIM Y VDC.

72886510

porcelnelson32@gmail.com

SUCRE/Calle Argentina #23

SANTA CRUZ/Av. La Salle, Calle Moises Terrazas

facebook.com/constructoraporcel

Nº 21

REVISTA TÉCNICA DE LA CONSTRUCCIÓN

SUCRE - BOLIVIA 2 - 2024

Universidad Mayor, Real y Pontificia de
San Francisco Xavier de Chuquisaca



PUENTE DE DESNIVEL
DE LA DOBLE VÍA
SUCRE-YAMPARAES

Revista Técnica de la CONSTRUCCIÓN

Facultad Técnica Construcción Civil

- Artículos Técnicos y Académicos
- Precios de Materiales
- Precios Unitarios
- Guía de Proveedores

50 AÑOS

No. 21 | Costo 25 Bs.

JUNIO-2024

Sucre - Bolivia



Confía en **nosotros** para hacer realidad tu **proyecto**, porque cada estructura cuenta una historia de **éxito**.



71155965 - 63757723 - 73423760

Vico_pumar@hotmail.com



CONSTRUIMOS EL **FUTURO**



CALIDAD
EFICIENCIA
SEGURIDAD
DURABILIDAD



- Construcciones de Casas
- Albañilería y Plomería
- Revestimientos y Impermeabilizantes
- Instalaciones Sanitarias y Electricas

REFERENCIAS

Santiago Fernandez Muñoz Cel. 72793890

Dirección: Calle Teofilo Navia



STAFF

DIRECTOR DE LAS CARRERAS DE CONSTRUCCION CIVIL, GEODESIA Y TOPOGRAFIA
Lic. Juan Anze Llanos

DIRECTOR DE LA REVISTA TÉCNICA
Ing. Julio Castro Azurduy

COMISIÓN EDITORIAL
Ing. Alfredo Zelada Estrada
Ing. Ricardo Gonzales Laguna
Ing Juan Pablo Beller Delgadillo

COLABORADORES
Esteves Rejas Jorge Alfredo
Saigua Sanchez Rosa Linda
Mamani Choque Marizol
Cuellar Flores Yenny Carola

EDICIÓN REDACCIÓN Y PUBLICACIÓN:
FACULTAD TÉCNICA, CARRERA CONSTRUCCIÓN CIVIL
CALLE REGIMIENTO CAMPOS ESQUINA RICARDO ANDRADE.
TELF. 64-52381 Y 64-21701
SUCRE -BOLIVIA

Queda prohibida la reproducción parcial o total de la presente revista sin previa autorización por el escrito del director

REGISTRADA LA PROPIEDAD INTELECTUAL EN EL MINISTERIO DE CULTURA Y TURISMO
REPOSITORIO NACIONAL
Queda hecho el depósito legal N° 3-3-134-17

PUBLICACIÓN SEMESTRAL
DISEÑO GRAFICO Y DIAGRAMACIÓN:
Imprenta "MULTIGRAPH"
Cel : 68678605
Calle Manuel Molina N° 148
Zona San Bartolomé

Visión

Formar profesionales de reconocida calidad, científica, tecnológica y altos valores éticos, con actualidad y competencia, capaces de utilizar eficientemente los recursos humanos, los suelos y materiales de la región y del país para contribuir con creatividad a la solución de problemas de la Construcción Civil, con pertinencia y responsabilidad social.

Misión

Lograr amplio reconocimiento regional y nacional, por su calidad en los procesos de enseñanza-aprendizaje, investigación e interacción social, participando con protagonismo y liderazgo, científico, tecnológico y ético, en el desarrollo departamental nacional, y aportando con profesionales altamente capacitados en la construcción de obras Civiles, orientados a la solución de problemas urbanos y rurales, que contribuyan al desarrollo integral de la nación y el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

Sumario

**Ing. Luis Alberto
Cabrera Serrudo** 13

EDIFICIOS DE MADERA ANTISÍSMICOS

**Ing. Juan Pablo
Beller Delgadillo** 18

**LOS GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS EN LA
CONSTRUCCIÓN: UNA REFLEXIÓN DEL PORCENTAJE DE
INCIDENCIAS USADO EN EL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE
PROYECTOS EN BOLIVIA**

**Ing. Ronald Fernando
Gonzales Soto** 25

**CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONFIABILIDAD β EN UNA VIGA POR LA
VARIACIÓN DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN Y ACERO**

**Lic. Vicente
Rojas Pillco** 30

**IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA DE TRANSMISIÓN DE DATOS
GNSS EN TIEMPO REAL MEDIANTE NTRIP**

**Lic. Emilio
Saigua Sarsudes** 36

**EXPLORANDO LOS LÍMITES TERRITORIALES
DEL DEPARTAMENTO DE CHUQUISACA**

**Lic. Víctor Jaime
Vargas Caba** 38

**SIMULACIÓN HIDROLÓGICA DE CUENCAS APLICANDO EL
MODELO HIDROLÓGICO SWAT**

**Lic. Adriana
Campos Leytón** 44

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ESPACIAL PARA DETERMINAR
INCENDIOS APLICANDO TELEDETECCIÓN E ÍNDICE NBR PERIODO
2017-2022 EN EL MUNICIPIO DE CULPINA**

**Lic. Marco Antonio
Enríquez Oña** 47

**TELEDETECCIÓN MEDIANTE USO DE GOOGLE EARTH ENGINE
PARA MONITOREO DE CONTAMINACIÓN DE LA CUENCA DEL
RÍO PILCOMAYO EN EL MUNICIPIO DE VILLA MONTES DEL
DEPARTAMENTO DE TARIJA COMO APOORTE AMBIENTAL**

Analisis y Precios

INDICE
ANALISIS DE COSTOS POR ACTIVIDADES

55

LISTA DE PRECIOS
DE MATERIALES

63

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

75

Presentación



La Dirección de las Carreras de Construcción Civil, Topografía, Geodesia y Topografía, tiene el alto honor de presentar a la comunidad universitaria, y en particular al sector técnico de la construcción, la "REVISTA TECNICA DE LA CONSTRUCCIÓN" en su Versión XXI; la cual es producto de las actividades de Extensión del Proceso de Enseñanza – Aprendizaje que realizan los estudiantes del último semestre de la Carrera de Construcción Civil, como parte de su formación académica; además, con el propósito de ser referencia técnica y de orientación profesional de apoyo a la industria y al comercio de equipos y materiales de insumo para la construcción en obras civiles.

La revista como trabajo final, muestra y orienta en el manejo adecuado de los diferentes equipos y herramientas de trabajo de construcción de obras de ingeniería, describe el rendimiento de los materiales y de la mano de obra a nivel local, otorgando a los profesionales de la construcción, una excelente guía para la elaboración de precios unitarios de ítems, destinados a la preparación de propuestas y seguimiento a las obras en ejecución.

Como todas las versiones, incluye diferentes artículos técnicos elaborados por docentes y profesionales del medio, mostrando experiencias, conocimientos y criterios; también presenta información de las casas comerciales y proveedores de equipo y materiales de construcción asentadas en la ciudad de Sucre, constituyéndose en un valioso aporte de investigación y orientación técnica en beneficio de la sociedad.

La Dirección de Carrera, agradece al Ing. Julio Edgar Castro Azurduy, docente meritorio y Director de la Revista Técnica de la Construcción, por el gran aporte realizado a la comunidad universitaria y en general a la sociedad, a los Docentes de las Carreras de Construcción Civil, Topografía, Geodesia y Topografía, dependientes de la Facultad Técnica de la Universidad Mayor, Real y Pontificia San Francisco Xavier de Chuquisaca, por su valiosa contribución académica plasmada en los diferentes artículos, a los profesionales participantes con su aporte significativo para la revista vigésima primera, a su vez agradece a los estudiantes de Quinto Semestre de la asignatura de Organización y Dirección de Obras por la contribución realizada, a las Entidades e Instituciones Públicas, empresas privadas, casas comerciales por la información otorgada y finalmente a nuestros amigos lectores, por la confianza que depositan en nuestra casa superior de estudios.

Lic. Juan Anze Llanos
**DIRECTOR CARRERAS
CONSTRUCCIÓN CIVIL
TOPOGRFÍA Y GEODESIA**

Prologo



En las sociedades actuales cobran mayor relevancia lo referente a comunicar y a recibir información. En el contexto de esta nueva sociedad digital, la libertad personal y las posibilidades reales de intervenir en los procesos sociales, económicos o políticos se hallan determinadas por el acceso a la información

El surgimiento de un público cada vez más deseoso de sapiencia demanda una mayor diversificación de la información, así como poder acceder directamente a estas fuentes de información. De este modo se explica que la posesión o no de datos puede comprometer a la igualdad de las personas en la sociedad, puesto que las condiciones tecnológicas y materias de innovaciones pueden ser factores que comprometan seriamente a la paridad de circunstancias entre los individuos.

Debemos entender, que todos tienen derecho a expresar libremente sus pensamientos, sus ideas u opiniones de viva voz o mediante cualquier otra forma de expresión, como es el caso nuestro de la escrita cuya difusión en todo caso debe establecerse sin censura

Es por estos motivos, que nosotros nuevamente presentamos un numero nuevo de nuestra revista en la cual tratamos de colaborar con la parte investigativa, como los análisis multi-temporales tanto de prevención de incendios como lo referente a contaminación, así mismo análisis de límites territoriales como también análisis antisísmicos y otros de relevancia actual

Esperamos, que este numero 21 sea un hito, en los 50 años de nuestra querida unidad facultativa siempre con la colaboración de nuestras Autoridades, Docentes, Estudiantes y nuestros amigos de las casas comerciales que sin su ayuda no podremos seguir avanzando.

Ing. Julio Edgar Castro Azurduy
DIRECTO DE LA REVISTA

Agradecimiento



Nuestra prestigiosa casa de estudios Universidad de San Francisco Xavier de Chuquisaca que nos viene brindando una educación superior acorde a los tiempos que se viven, fomentando nuestras capacidades y valores, agradecemos por formar profesionales, líderes comprometidos con ética y profesionalismo.

A nuestra Carrera de Construcción Civil, por promover la investigación científica relacionadas con el sector de la construcción a través del conocimiento impartido por nuestros docentes y autoridades académicas que lo hacen posible, con el firme objetivo de formarnos como profesionales con aptitudes, capaces de generar soluciones que aporten en las múltiples áreas de la construcción dentro de las necesidades y su desarrollo en el ámbito local, regional y nacional.

Nosotros los estudiantes que conformamos el equipo de colaboración, expresamos nuestro especial agradecimiento al Ing. Julio E. Castro Azurduy que, en la calidad de eficaz labor de docente de nuestra unidad facultativa, viene desarrollando cada edición y fundamentalmente como impulsor de la elaboración de la Revista Técnica de la Construcción.

Así también, deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos aquellos profesionales y docentes de nuestra carrera que contribuyeron en la elaboración y revisión de los artículos de nuestra revista. Gracias a ustedes es posible publicar hoy, artículos de gran calidad y pertenencia referentes al ámbito de la construcción. Sabemos del tiempo y esfuerzo que invierten en la educación y las revisiones de los mismos.

En general, nuestro más sincero reconocimiento por la ardua y profesional labor en beneficio de nuestra revista "REVISTA TECNICA DE LA CONSTRUCCIÓN Nº 21" sabiendo de antemano que con su apoyo nos permitirá seguir desarrollando la revista que tiene como fin ampliar y profundizar conocimientos en el área de la construcción.

GRACIAS...

**LOS ALUMNOS DE LA MATERIA DE ORGANIZACIÓN Y DIRECCIÓN DE OBRAS
1/2024 "CARRERA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL"**

Autores de la **Revista Técnica**



Ing. Julio Edgar
Castro Azurduy



Ing. Ricardo
Gonzales Laguna



Ing. Alfredo
Zelada Estrada



Ing. Luis Alberto
Cabrera Serrudo



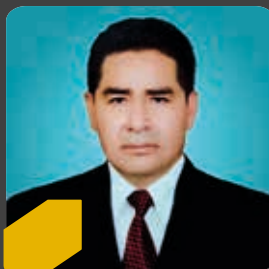
Ing. Juan Pablo
Beller Delgadillo



Ing. Ronald Fernando
Gonzales Soto



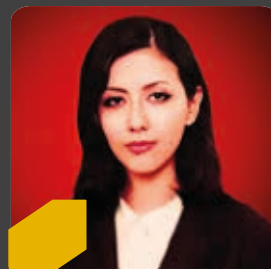
Lic. Vicente
Rojas Pillco



Lic. Emilio
Saigua Sarsudes



Lic. Víctor Jaime
Vargas Caba



Lic. Adriana
Campos Leytón



Lic. Marco Antonio
Enríquez Oña



Hernan
Alanes Paco



Alex Asayoel
Cabrera Mamani



Noelia Alexandra
Calderon Chavez



Alvaro Luis
Casilla Quispe



Rilbert Cheito
Contreras Salas



Lucas Richard
Coro



Beymar
Cruz Arancibia



Yenny Carola
Cuellar Flores



Edgar
Cuellar Mamani



Cliver
Durán Heredia



Rodrigo
Duran Lara



Jorge Alfredo
Estevez Rejas



Luis Fernando
Fernandez Zapata



Guido
Flores Flores



Magaly Marlene
Funes Nava



Agustin
Layme Mamani



Marisol
Mamani Choque



Cesar
Mamani Isla



Paul
Martinez Lima



Jesus Royer
Montaña



Limber
Nieves Flores



Jose Luis
Quispe Alaca



Idelzon
Saavedra Yevara



Rosa Linda
Saigua Sanchez



Roger
Sanches Pary



Javier
Taboada Mamani



Juan Jesus
Tudela Dias



Yerko Jesus
Valverde Gutiérrez



Yesica
Vedia Cardoso



Juan Rodrigo
Villalta Seno

AUTORIDADES Y DOCENTES DE LA **CARRERA DE CONSTRUCCION CIVIL**



DIRECTIVA DE LA CARRERA DE CONSTRUCCION CIVIL **QUINTO SEMESTRE 1-2024**



UNIVERSITARIOS DE LA
CARRERA DE CONSTRUCCION CIVIL





EDIFICIOS DE MADERA ANTISÍSMICOS

M. Sc. Ing. Luis Alberto Cabrera Serrudo
DOCENTE DE CONSTRUCCIÓN CIVIL

INTRODUCCIÓN

Los eventos sísmicos son fenómenos naturales impredecibles y capaces de generar muerte y destrucción. Esto se hizo patente en Taiwán, más precisamente en la localidad de Hualien, cuando el reciente 2 de abril del año en curso acaeció un terremoto de 7.5 grados en la escala de Richter, el cual dejó muchas edificaciones destruidas y lastimosamente la pérdida de vidas humanas



Figura 1. Edificios dañados y destruidos en Hualien – Taiwán. (Infobae, 2024)

Este tipo de acontecimientos, representan un desafío para la industria de la construcción y son una invitación a replantear e innovar la forma en la que se diseñan y se construyen las estructuras civiles en la actualidad y a futuro.

En ese sentido, se está llevando adelante en la Universidad de California en San Diego, una investigación en la que se ha construido el edificio de madera laminada más grande del mundo (10 pisos) y va a ser puesto a prueba en la mesa vibratoria más grande del mundo. Este ensayo va a proporcionar innovaciones que pueden cambiar las tendencias en la construcción de edificios, volviéndolos más resilientes ante eventos sísmicos.

¿CÓMO SE CONSTRUYE EN LA ACTUALIDAD?

En cuanto a diseño y construcción antisísmica, la filosofía actual es concebir estructuras que tengan bastante rigidez lateral. En el caso de estructuras de hormigón armado, por ejemplo, se dispone de muros de corte, los cuales deben ser de dimensiones generosas y deben tener bastante acero de refuerzo. En el caso de estructuras metálicas, se disponen elementos diagonales de arriostramiento los cuales están encargados de proporcionar la mencionada rigidez lateral para que la edificación resista el embate de un sismo.



Figura 2. Muros de corte en estructuras de hormigón armado. (www.infobasicingcivil.com, 2020)



Figura 3. Elementos diagonales en estructuras de acero. (blog.laminasyaceros.com, 2020)

No se puede decir que estos métodos convencionales no han dado resultados positivos. De hecho, gracias a los muros de corte y a las diagonales de arriostramiento, se han salvado muchas vidas en varios lugares del mundo en donde han ocurrido terremotos. Sin embargo, estas formas constructivas tienen un defecto: No son “resilientes”, a pesar de que poseen resistencia y rigidez e incluso el edificio no vaya a colapsar durante un terremoto.

Por ejemplo, en un edificio de hormigón armado, que esté apropiadamente construido con muros de corte, ante la acción de un terremoto, los muros de corte empiezan a trabajar y resisten las fuerzas de cortante basal y el edificio no colapsa, pero surge un problema: el edificio queda dañado y de acuerdo a las normas actuales, eso es aceptable. Sin embargo, si el edificio está dañado, eso implica que los usuarios de dicha edificación, están impedidos de volver a ocuparlo hasta que se hagan las reparaciones necesarias y además tendrán que pagar por dichas reparaciones las cuales, por cierto, no serán nada económicas. En el peor de los casos, el edificio puede resultar tan dañado que sea irreparable y la única opción sea demolerlo y volver a construir un nuevo edificio. En pocas palabras un edificio de hormigón armado con muros de corte no tiene resiliencia.



Figura 4. Severos daños en un muro de corte luego de un terremoto. (Sarhosis et al, 2022)

muros de corte empleando madera laminada. La madera laminada consiste en tablas o láminas de madera unidas por medio de un adhesivo especial, de manera que se obtenga un elemento compuesto que será masivo y resistente.



Figura 5. Sección transversal y vista isométrica de un elemento conformado de madera laminada. (www.maderea.es, 2024)

En el siguiente párrafo se dará respuesta a la pregunta planteada en el subtítulo de esta sección: ¿Por qué construir edificios de madera? La respuesta a esta pregunta es: porque en la actualidad, los ingenieros estructurales, buscan que los edificios sean resilientes. De acuerdo a diccionario de la Real Academia Española la resiliencia se define como “La capacidad de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido”. En ese sentido, los edificios diseñados y construidos con madera laminada, ofrecen la posibilidad de ser resilientes.

¿POR QUÉ CONSTRUIR EDIFICIOS DE MADERA?

A pesar de que la madera no es considerada un material adecuado para construir edificios en nuestro medio, en Estados Unidos, se viene investigando la aplicación de este material en la construcción de edificios de hasta 10 niveles. Una de las principales ventajas de la madera es que es un recurso renovable y su uso implica reducir las emisiones de CO2 en comparación con el uso de perfiles de acero o elementos de hormigón armado.

El secreto para poder construir edificios con elementos de madera radica en la conformación de

MUROS DE CORTE OSCILANTES

El elemento estrella en los edificios de madera son los denominados “muros de corte oscilantes” los cuales están hechos de madera laminada y se constituyen en la columna vertebral del edificio e impiden que el edificio se vuelque ante cargas de viento y sismo. Este tipo de muros tienen dos características que los hacen especiales:

- Son innovadores: En la actualidad, ningún edificio emplea para tener rigidez lateral, muros de corte de madera. Usualmente los muros de corte son de hormigón armado o también se emplea estructuras metálicas con diagonales de arriostramiento ya que se considera que son elementos y materiales más resistentes y más rígidos que la madera.
- Son resilientes: Los muros de corte oscilantes hechos de madera laminada ofrecen una característica que el hormigón no puede ofrecer: la Resiliencia. Es decir que este tipo de muros logra tener poco o casi ningún daño luego de finalizado un movimiento sísmico, lo cual es una gran ventaja, ya que los edificios podrían seguir en servicio casi de inmediato luego de haber sufrido un sismo.

Para lograr concebir este sistema estructural innovador, los ingenieros investigadores tuvieron que romper la filosofía actual que lleva a diseñar estructuras con núcleos masivos, empleando bastante concreto y bastante acero. En vez de luchar contra el sismo, el edificio debe procurar moverse junto con el sismo. Bajo esta premisa, se elaboran muros de corte con madera laminada y posteriormente estos muros son postensados con cables de acero los cuales mantienen a los muros con una tensión permanente hacia el suelo, lo cual proporciona estabilidad lateral ante las sollicitaciones de viento o de sismo. Un esquema de un prototipo de este tipo de muros de corte puede apreciarse en la figura 6.

En el momento en el que una carga sísmica comience a actuar sobre este tipo de sistema estructural, el muro de corte oscilante, como su nombre indica, empezará a mecerse acompañando el movimiento del sismo. La unión del muro de corte con la fundación se hará por medio de conexiones dúctiles que permitirán que el muro pueda “separarse momentáneamente” de su fundación y será el cable postensado el encargado de devolver al muro a su posición original. Con este mecanismo de comportamiento, se logra reducir los daños estructurales en gran medida, logrando una edificación resiliente. Un esquema de este comportamiento puede apreciarse en la siguiente figura:

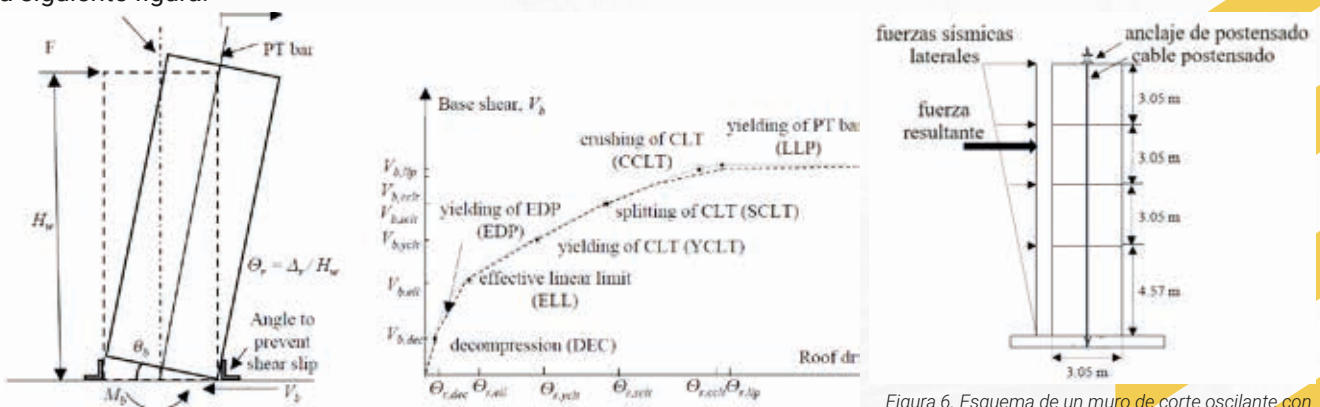


Figura 7. (a) Mecimiento del muro ante una carga lateral; (b) Relación entre la deriva del muro vs el cortante basal en la fundación. (Akbas et al, 2017)

Figura 6. Esquema de un muro de corte oscilante con su sistema de postensado que lo mantiene estable ante una carga sísmica. (Akbas et al, 2017)

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE EDIFICIOS DE MADERA NHERI

Todo lo indicado hasta el momento, es simple teoría. Para saber si esta iniciativa realmente puede funcionar ante una situación real de sismo, el “Instituto de Investigación de Riesgos Naturales en Infraestructura” (NHERI) perteneciente a la Universidad de California, está llevando adelante una investigación en la cual sacan provecho de contar con la mesa vibratoria más grande del mundo para poner a prueba un prototipo de edificio de madera con muros de corte oscilantes construido a escala real, el cual contará con 10 niveles.



Figura 8. Mesa vibratoria equipada con pistones hidráulicos para emular un sismo. (nheritallwood.mines.edu, 2024)



Figura 9. Imagen renderizada del prototipo de edificio ensayado en la mesa vibratoria de la Universidad de California. (nheritallwood.mines.edu, 2024)



Figura 10. Prototipo del edificio de 10 niveles listo para ser ensayado en la mesa vibratoria. (nheritallwood.mines.edu, 2024)

Una mesa vibratoria es básicamente un dispositivo que consiste de una plataforma conducida por pistones hidráulicos controlados por computadoras, el cual es capaz de reproducir los movimientos del suelo durante un evento sísmico gracias a registros históricos de sismos acontecidos en el pasado. En ese sentido, los investigadores aplicarán al prototipo de edificio el sismo de magnitud 7.7 en la escala de Richter ocurrido el 21 de septiembre de 1999 en la localidad de Chi-chi en Taiwan, uno de los terremotos más destructivos de los que se tenga registros, en cual ocasionó alrededor de 2400 fallecidos, 10000 heridos, 10000 edificaciones destruidas y 7500 edificaciones parcialmente dañadas.

Una vez que se ha realizado la prueba, se puede decir que el prototipo se comporta de la manera esperada, es decir, que luego de soportar el sismo emulado, se observó que el edificio casi no presenta daños y el edificio no presenta derivas residuales. En la siguiente figura se puede apreciar que, durante la prueba, uno de los muros de corte se mece y se levanta ligeramente de la fundación, pero no llega a colapsar gracias a los cables postensados que devuelven al muro a su posición original. Nótese también que no se presentan fisuras a diferencia de lo que ocurriría en un muro de hormigón armado.

cables postensados que devuelven al muro a su posición original. Nótese también que no se presentan fisuras a diferencia de lo que ocurriría en un muro de hormigón armado.

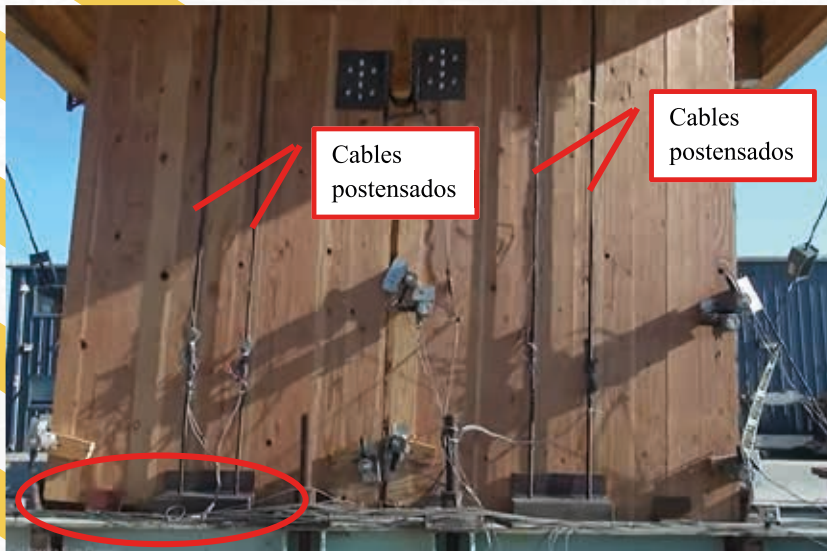


Figura 12. Muro de corte oscilante durante la prueba en la mesa vibratoria. (nheritallwood.mines.edu, 2024)

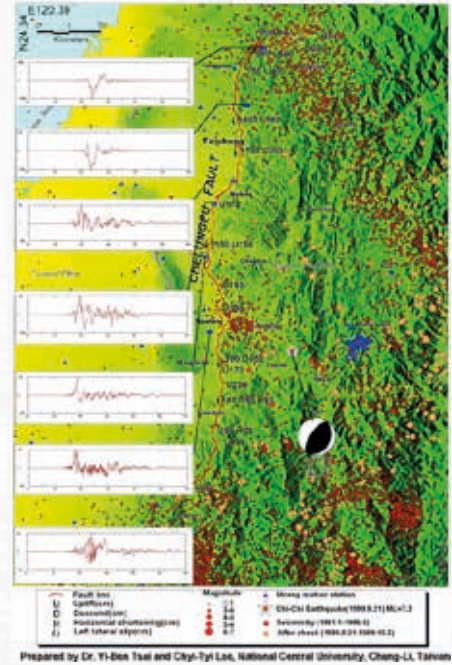


Figura 11. Registros sísmicos del terremoto de Chi-Chi de 1999 en Taiwán. (Tsai Y, y Huang M., 2000)

Si bien el prototipo con los muros de corte oscilantes de madera se ha comportado de manera satisfactoria en la prueba, demostrando tener resiliencia. Existen aún dos desafíos que esta innovación debe vencer:

- Al tratarse de un nuevo concepto de diseño y construcción, presenta mucha complejidad en las uniones entre elementos que incluye la instalación de innumerables pernos y los anclajes de los cables postensados en la madera.
- La percepción negativa en el público acerca del comportamiento de la madera frente a un incendio, a pesar de que se han hecho ensayos de fuego controlado en elementos de madera laminada y los resultados son alentadores y estarían cumpliendo con las normativas.

En conclusión, la exitosa prueba sísmica del edificio construido de madera laminada marca un hito en la innovación de la construcción sismorresistente. Sin embargo, aunque prometedor, esta técnica aún debe perfeccionarse para garantizar su viabilidad práctica a gran escala. Además, es crucial abordar la percepción pública negativa sobre la resistencia al fuego de las estructuras de madera. A pesar de estos desafíos, este estudio representa un paso importante hacia la construcción de edificios más seguros y sostenibles en el futuro.

REFERENCIAS

- Sarhosis, V., Giarlelis, C., Karakostas, C. et al (2022) "Observations from the march 2021 Thessaly Earthquakes: an earthquake engineering perspective for masonry structures" en Bulletin of Earthquake Engineering. Volume 20, pp. 5483-5515.
- Tsai, Y. y M. Huang, (2000) "Strong Ground Motion Characteristics of the Chi-Chi, Taiwan Earthquake of September 21, 1999" en Earthquake Engineering and Engineering Seismology. Volume 2, Number 1, pp. 1-21.
- Akbas, T. et al., (2017) "Analytical and Experimental Lateral-Load Response of Self-Centering Posttensioned CLT Walls" en ASCE Journal of Structural Engineering. Volume 143, Issue 6.
- Ganey, R. et al., (2017) "Experimental Investigation of Self-Centering Cross-Laminated Timber Walls" en ASCE Journal of Structural Engineering. Volume 143, Issue 10.
- Pei, S. et al., (2019) "Experimental Seismic Response of a Resilient 2 Story Mass-Timber Building with Post-Tensioned Rocking Walls" en ASCE Journal of Structural Engineering. Volume 145, Issue 11.
- Blomgren, H. et al., (2019) "Full Scale Shake Table Testing of Cross-Laminated Timber Rocking Shear Walls with Replaceable Components" en ASCE Journal of Structural Engineering. Volume 145, Issue 10.
- National Science Foundation (2024) "NHERI Tallwood Project" [En línea]. United States of America, disponible en: nheritallwood.mines.edu [Accesado el día 5 de abril de 2024].



LOS GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS EN LA CONSTRUCCIÓN: UNA REFLEXIÓN DEL PORCENTAJE DE INCIDENCIAS USADO EN EL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE PROYECTOS EN BOLIVIA

Msc. Ing. Juan Pablo Beller Delgadillo
DOCENTE CARRERA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL

RESUMEN

La realización del presupuesto y los análisis de precios unitarios de los diferentes ítems en un proyecto de estructuras, geotécnico, hidráulico o de vías de comunicación y transporte es una tarea fundamental en el estudio y la ejecución de proyectos de construcción en Bolivia. Un presupuesto preciso y realista es esencial para garantizar el éxito del proyecto y evitar costos imprevistos o excesivos. Como metodología para la investigación de este estudio se utilizó un cuestionario impreso y en línea, el cual fue aplicado a profesionales Ingenieros Civiles y Arquitectos y Empresas Constructoras, habiéndose analizado aspectos que se debe tomar en cuenta en el uso del porcentaje adecuado en la incidencia de los Gastos Generales y Administrativos por instituciones públicas y profesionales al momento de elaborar un proyecto y las empresas constructoras y otros al momento de presentarse a una licitación de un proyecto, en la investigación se obtuvo el porcentaje adecuado que se puede usar como parámetro en los Gastos Generales y Administrativos y la necesidad de modificar el Formulario de Análisis de Precios Unitarios de acuerdo con el Modelo de Documento Base de Contratación, para la Contratación de Obras en el marco del Decreto Supremo N° 181 de las Normas Básicas del Sistema de Administración de Bienes y Servicios que se tiene en Bolivia.

INTRODUCCIÓN

Los presupuestos elaborados a partir de los precios unitarios y la cuantificación de los trabajos que se especifican en el proyecto son, en gran medida, un instrumento confiable para, en principio, la determinación del precio de los trabajos de construcción y, en segundo término, para la dirección y control de su realización [1].

Un presupuesto de obra es la predicción previa y aproximada del dinero necesario para realizar una construcción, estableciendo factores cualitativos de composición en cuanto a actividades y materiales, como cuantitativos de unidades o cantidades necesarias. Comprende un listado completo de las actividades que componen la realización de la construcción, desde su inicio hasta la terminación de la obra, como lo son: diseño, estructura, instalaciones, mampostería, acabados, etc. Incluyendo toda la información disponible como planos donde se enuncian las dimensiones, áreas y volúmenes junto con las especificaciones detalladas de cada material utilizado [2].

Los Análisis de Precios Unitarios es la aplicación de métodos para la obtención del costo de una actividad por unidad de medida escogida, se compone de una valoración de los materiales, la mano de obra, equipos y herramientas más la aplicación de incidencias por uso de herramienta menor, cargas sociales, gastos generales, utilidad e impuestos [3].

Se debe indicar que, en todo proyecto de construcción, la naturaleza de la estimación de costos a través del presupuesto conlleva muchos supuestos, por lo que, la incertidumbre inherente no permite tener una precisión absoluta entre la planificación del proyecto y la ejecución de este, dentro de un espacio temporal y contextual [4], como es el caso de la estimación del porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos de un proyecto.

El presupuesto general de la obra debe ser realizado por ítems, volúmenes, precios unitarios y totales [5]. Cuando se está ejecutando un proyecto los precios unitarios producto de creación de nuevos ítems deberán ser consensuados entre el Contratante y Empresa Constructora y no se podrán incrementar los porcentajes en lo referido a Costos Indirectos [6].

Es importante indicar que las empresas dedicadas al rubro de la construcción están insertas en un mundo de alta complejidad, puesto que para su funcionamiento requieren del financiamiento de dos tipos de gastos; los

primeros directamente vinculados con la construcción, que son los denominados “costes directos” [7], El costo directo es la suma de los costos de materiales, mano de obra (incluyendo cargas sociales e impuesto IVA), equipos, maquinarias y herramientas, y todos los elementos requeridos para la ejecución de una obra.

Por otra parte, están los “costes permanentes o indirectos”, que reciben también el nombre de “Gastos Generales”, que son los que no pueden asociarse a una partida de la obra en particular, y por esta razón se establecen bajo una denominación diferente. Por eso se ha explicado que, al no poder asignarse estos costes a una partida determinada, son calculados en función al total de trabajos a ejecutar (la magnitud de la construcción) y al plazo de ejecución de la obra [8]. También en los costos indirectos se incluyen las utilidades de la empresa y el impuesto IT.

Los gastos generales y administrativos son costos operativos indirectos que incluyen aquellos gastos que siendo imputables a la obra no pueden ser asignados dentro los costos directos (materiales, mano de obra y equipo) y también aquellos que siendo independientes se erogan exista o no trabajo para la empresa constructora. En los gastos generales se debe tomar en cuenta: costos de propuestas y contratos, gastos administrativos, gastos profesionales y especiales, aportes a entidades o costos fijos, riesgos e imprevistos; que estarán en función del tipo, monto, ubicación y exigencias específicas de la obra (campamento y otros), así como de las características inherentes al funcionamiento y tamaño de la empresa [9].

Los costos indirectos de obra se analizan y cuantifican de acuerdo con un tiempo predeterminado de contrato, realizar la obra en un mayor tiempo significa mayores gastos en salarios al personal administrativo, así como mayores gastos de operación. Todo esto en perjuicio de las utilidades de la empresa. Normalmente en toda empresa constructora hay costos de operación de oficina o indirectos de administración central, costos de operación de campo o indirectos de obra, y costos indirectos de funcionamiento [10].

Se debe tomar en cuenta que se tienen Gastos Generales Fijos: Son aquellos que no están relacionados con el tiempo de ejecución de la prestación a cargo del contratista y Gastos Generales Variables: Son aquellos que están directamente relacionados con el tiempo de ejecución de la obra y por lo tanto pueden incurrirse a lo largo de todo el plazo de ejecución a cargo del contratista [11].

Castillo Tufiño indica que debemos analizar los costos indirectos con el mismo rigor que los costos directos. Cuando los costos indirectos de las obras se manejan aplicando los factores tradicionales a los costos directos, la economía del constructor corre muchos riesgos. Por eso se recomienda que la cuantía de los costos indirectos comprenda la suma de todos sus gastos, que su cálculo utilice el mismo criterio que el que se emplea para el cálculo de los precios [12].

Los datos y porcentajes, así como el método de cálculo, se encuentran definidos en el Formulario de Análisis de Precios Unitarios de acuerdo con el Modelo de Documento Base de Contratación para la Contratación de Obras en el marco del Decreto Supremo N° 181 de las Normas Básicas del Sistema de Administración de Bienes y Servicios [13], que establece un formato de análisis de precios unitarios de uso obligatorio. Las planillas de análisis de precios unitarios son llenadas de manera individual para cada ítem en base a las especificaciones técnicas, planos, metodología constructiva propuesta y aplicación de leyes sociales y tributarias.

En todo proyecto, es necesario realizar un análisis completo de los gastos directos (materiales, mano de obra, maquinaria y equipo de construcción) y gastos indirectos (gastos generales y administrativos, utilidad e impuestos), en Bolivia se cuenta con revistas donde se tienen los análisis de precios unitarios de diferentes ítems como la Revista Presupuesto & Construcción, y la Revista Técnica de la Construcción, pero estas revistas no tienen el análisis de los costos indirectos como son los Gastos Generales y Administrativos.

DATOS GENERALES				
PROYECTO :				
ACTIVIDAD :		CANTIDAD :		
UNIDAD :		MONEDA :		
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
TOTAL MATERIALES				
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
SUBTOTAL MANO DE OBRA				
CARGAS SOCIALES= (% DEL SUBTOTAL DE MANO DE OBRA)			55.00%	
IMPUESTOS IVA MANO DE OBRA= (%DE SUMA DE SUBTOTAL DE MANO DE OBRA+CARGAS SOCIALES)			14.94%	
TOTAL MANO DE OBRA				
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
HERRAMIENTAS = (% DEL TOTAL DE MANO DE OBRA)				
TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
				COSTO TOTAL
GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3				
TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
5. UTILIDAD				
				COSTO TOTAL
UTILIDAD = % DE 1 + 2 + 3 + 4				
TOTAL UTILIDAD				
6. IMPUESTOS				
				COSTO TOTAL
IMPUESTOS IT = % DE 1 + 2 + 3 + 4 + 5				
TOTAL IMPUESTOS				
TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)				

Fuente: Decreto supremo 0181, Modelo de documento base de contratación para contratación de obras [13].

METODOS Y MATERIALES

La investigación busca resolver problemas conforme a lo planteado, para esto se utilizó un abordaje mixto, cuantitativo y cualitativo, para la observación y razonamiento e interpretación de datos, en función de concretar la organización de los fenómenos. En esta categoría entran los proyectos factibles. Para este tipo de investigación, se reconoce el conocimiento profesional y la experiencia. Para el presente estudio se utilizó como técnica de recolección de información la revisión documental, la entrevista semiestructurada y la encuesta mediante cuestionario impreso y en línea en Google Forms y disponible en <https://forms.gle/UUMZ7sGFtkbPmmNj6>.

En la revisión documental, se realizó la revisión de los antecedentes y la formulación teórica de la investigación, con la entrevista semiestructurada y la encuesta mediante el cuestionario se obtuvo información de profesionales Ingenieros Civiles y Arquitectos y Empresas Constructoras, para la ejecución de manera amplia de la investigación.

RESULTADOS

En la investigación que se realizó en este artículo se realizó una reflexión del porcentaje usado en el análisis de precios unitarios en los Gastos Generales y Administrativos de proyectos y la necesidad de modificar el Formulario de Análisis de Precios Unitarios de acuerdo con el Modelo de Documento Base de Contratación, para la Contratación de Obras en el marco del Decreto Supremo N° 181 de las Normas Básicas del Sistema de Administración de Bienes y Servicios que se tiene e Bolivia.

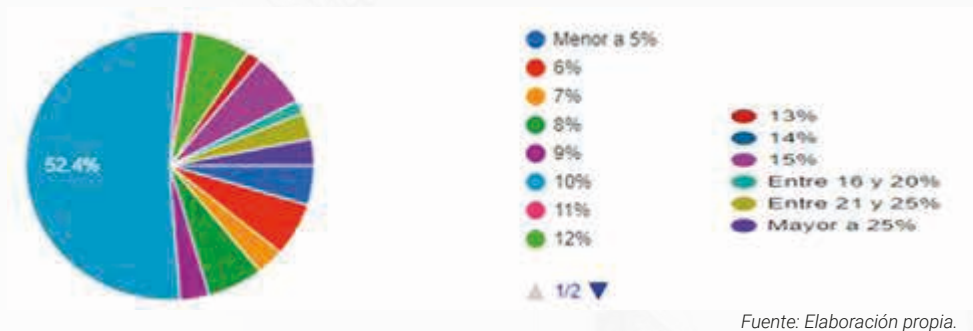


Figura 1: Porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos que colocan en un proyecto.

La Figura 1 muestra los resultados obtenidos respecto a que cuando se realiza el Análisis de Precios Unitarios de los diferentes ítems de un proyecto en los Gastos Generales y Administrativos que porcentaje coloca, donde se observa que el 52.4% coloca generalmente un porcentaje de 10%.

Las otras respuestas son menores, por lo que podemos indicar que el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos que colocan en un proyecto es variable, por lo que es necesario identificar los motivos de estas variaciones del porcentaje.



Figura 2: Factores que define el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos cuando se realiza un estudio o se presenta a una licitación de un proyecto.

Para que se realice una mejor interpretación de la Figura 2, se toma en cuenta los porcentajes de mayor importancia, la opción según las características del proyecto con el 42.9% es la más preferida. Así mismo un 30.32% indica que otro factor importante es la experiencia profesional.



Figura 3: El porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos en el Análisis de Precios Unitarios de los diferentes ítems por quien es definido al realizar el estudio.

Como se aprecia en la Figura 3, donde se analiza quien define el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos en el Análisis de Precios Unitarios de los diferentes ítems por quien es definido al realizar el estudio de un proyecto la opción el profesional que está elaborando el proyecto cuenta con el 46% de los encuestados. Y con un 27% se tiene que se definen en base a un cálculo según las características del proyecto.

Por lo que, se puede apreciar que está bien que el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos sea definido por el profesional que está elaborando el proyecto en su etapa de estudio porque el conoce todas las características de este proyecto.



Figura 4: El porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos en el Análisis de Precios Unitarios de los diferentes ítems por quien es definido cuando se presentan a una licitación de un proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 4, con un 47.6% quien define el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos en el Análisis de Precios Unitarios cuando una empresa constructora se presenta a una licitación de un proyecto es el profesional que elabora la propuesta para la licitación. Pero así mismo con un porcentaje de 17.5% el que define este porcentaje es el dueño de la empresa constructora y con 14.3% es el responsable de la empresa constructora y la institución que contrata o financia, por lo que es necesario analizar detalladamente de quien debería definir este porcentaje.

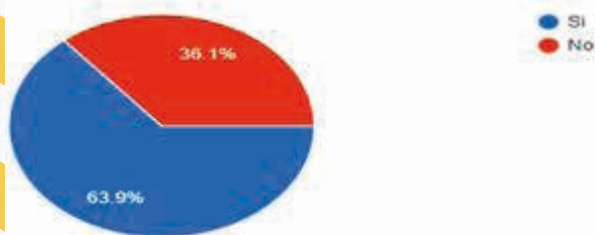


Figura 5: El monto de los Gastos Generales y Administrativos al concluir el proyecto es mayor con respecto al porcentaje usado en la propuesta de Licitación del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la pregunta de la figura 5, se puede establecer que un 63.9% manifiestan ampliamente que el monto de los Gastos Generales y Administrativos al concluir el proyecto es mayor con respecto al porcentaje usado en la propuesta de Licitación del proyecto cuando una empresa constructora realiza la ejecución o construcción de un proyecto.

El motivo principal de que falten recursos económicos en los Gastos Generales y Administrativos al concluir el proyecto es debido principalmente a que la empresa constructora no ha realizado un cálculo detallado según las características del proyecto y la licitación al momento de definir el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos en el Análisis de Precios Unitarios de los diferentes ítems del proyecto.

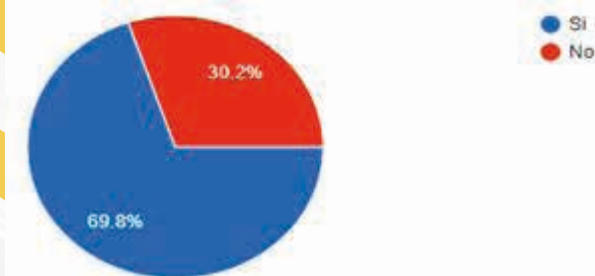
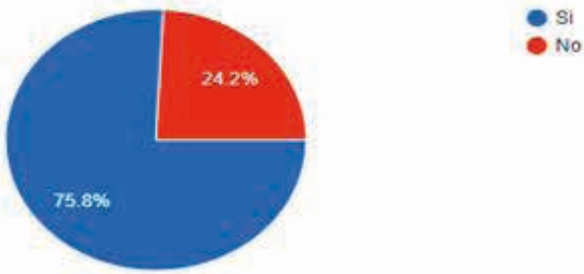


Figura 6: El porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos para cada proyecto debería ser Calculado y definido por la Institución contratante y usado como porcentaje mínimo por las Empresas Constructoras al momento de la presentación de propuestas.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 6, un 69.8% indican que el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos para cada proyecto si debiera ser calculado y definido por la institución contratante y usado como porcentaje mínimo que deben colocar las empresas constructoras al momento de la presentación de propuestas de licitación.

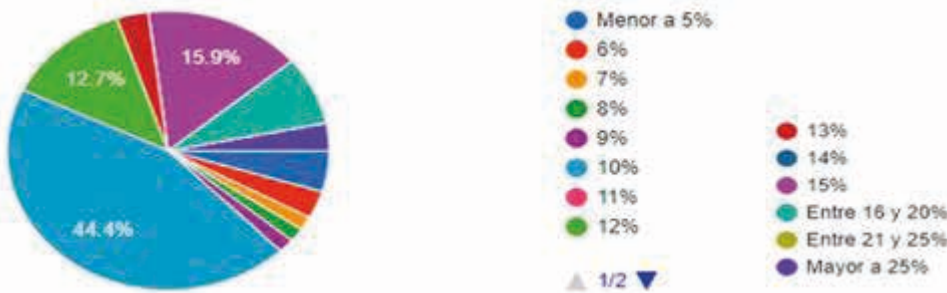
Siendo este aspecto muy importante porque en base al Decreto supremo 0181 y el Modelo de documento base de contratación (DBC) para contratación de obras en el Formato de la planilla de Análisis de Precios Unitarios se tiene que el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos de un proyecto será un porcentaje de los costos directos (Gastos Generales: % de materiales + mano de obra + equipos, maquinaria y herramientas) y es definido al momento de la presentación de propuestas de licitación por la empresa constructora.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7: En el Formato de la planilla de Análisis de Precios Unitarios del DBC el porcentaje mínimo y máximo de los Gastos Generales y Administrativos de un proyecto debería ya estar definido para ser usado en todos los proyectos.

Tal cual se puede apreciar en la figura 7, la opción si tiene el 75.8% y es la elegida por funcionarios públicos, profesionales independientes y empresas constructoras, quienes indican que en el Formato de la planilla de Análisis de Precios Unitarios del Documento Base de Contratación (DBC) el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos de un proyecto debería ya estar definido, indicando cual será el porcentaje mínimo y máximo para ser usado en todos los proyectos por las empresas constructoras.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8: El porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos de un proyecto en caso sea incluido en el Formato de la planilla de Análisis de Precios Unitarios del Documento Base de Contratación (DBC) para ser usado en todos los proyectos. ¿Qué porcentaje considera que es adecuado?

En la figura 8, respecto a la alternativa más óptima y pertinente para saber cuál puede ser el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos de un proyecto a ser usado en el Formato de la planilla de Análisis de Precios Unitarios del Documento Base de Contratación (DBC) la elegida con 44.4% es del 10%.

Así mismo un 15.9% y 12.7% indican que el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos de un proyecto puede ser entre el 12% y 15%.

DISCUSIÓN

Podemos indicar que el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos que colocan en un proyecto es variable, por lo que es necesario identificar los motivos de estas variaciones del porcentaje.

Los funcionarios públicos, profesionales independientes y empresas constructoras indican que el factor principal que define el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos cuando se realiza el estudio de un proyecto o se presentan a una licitación es necesario que sea definido por el profesional que está elaborando el proyecto en su etapa de estudio porque él conoce todas las características de este proyecto.

Técnica y económicamente lo más correcto es que se realice un cálculo detallado según las características del proyecto y la licitación, este cálculo debe realizarlo el profesional que está elaborando la propuesta de licitación con el apoyo del área financiera de la empresa constructora y con esta información pueda ser definido el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos en el Análisis de Precios Unitarios de los diferentes ítems del proyecto por los responsables de la empresa constructora.

Con la información y datos obtenidos se puede indicar que los funcionarios públicos, profesionales independientes y empresas constructoras sugieren que el porcentaje mínimo de los Gastos Generales y Administrativos para cada proyecto sea calculado y definido por la institución contratante porque al momento de realizar el estudio y antes de la licitación, la institución que está contratando ya tiene definido el porcentaje y puede servir como parámetro mínimo para ser usado por las empresas constructoras al momento de presentar su propuesta de licitación.

CONCLUSIONES

Se necesita realizar un cálculo según las características del proyecto y en base a este dato el profesional que está elaborando el estudio del proyecto para la institución contratante debe indicar cuál será el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos en el Análisis de Precios Unitarios de los diferentes ítems del proyecto.

El porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos definido por la institución contratante debe servir como parámetro para poder definir el porcentaje a ser usado en el Formato de la planilla de Análisis de Precios Unitarios del Documento Base de Contratación (DBC) por las empresas constructoras al momento de presentar su propuesta de licitación.

Para definir la viabilidad de realizar esta modificación, de contar en el momento de la licitación de un proyecto el porcentaje de los Gastos Generales y Administrativos y ser usado por las empresas constructoras obligatoriamente en el Formato de la planilla de Análisis de Precios Unitarios del Documento Base de Contratación (DBC), se debería realizar una reunión entre representantes del Gobierno Nacional, Gobiernos Departamentales y Municipales, Cámara Boliviana de la Construcción, Sociedad de Ingenieros de Bolivia, Colegio de Ingenieros Civiles de Bolivia, Colegio de Arquitectos de Bolivia y otras instituciones públicas y privadas para poder realizar un análisis técnico – financiero detallado de esta modificación tan importante en la licitación de proyectos.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Vilchis S., R. (2003). Control presupuestal costos directos de obra. Uam.mx. Recuperado el 14 de Julio de 2023, de https://administracionytecnologiaparaeldiseno.azc.uam.mx/publicaciones/2003/4_2003.pdf.
- [2] Pérez P., J. D. (2020). Análisis de precios unitarios de construcciones tradicionales en Tapia Pisada en Boyacá y Santander. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia
- [3] MOPSV-VVyU.. (2017). Guía Boliviana para diseño y presentación de proyectos. Estado Plurinacional de Bolivia. [En línea]. Disponible: <https://www.oopp.gob.bo/wp-content/uploads/2020/antiguos/Guia-Boliviana-para-diseno.pdf>.
- [4] Heerkens, Gary R. (2002). Project management. McGraw Hill Professional. [En línea]. Disponible: Trung tâm Thư viện và Tri thức số - Library and Digital Knowledge Center (vnu.edu.vn).
- [5] MOPSV-VVyU. (2016). Guía Boliviana de fiscalización de obras. Estado Plurinacional de Bolivia. [En línea]. Disponible: <https://www.oopp.gob.bo/wp-content/uploads/2020/antiguos/guias/Guia-Boliviana-de-Fiscalización-de-Obras.pdf>.
- [6] MOPSV-VVyU. (2017). Guía de supervisión de obras. Estado Plurinacional de Bolivia. [En línea]. Disponible: <https://www.oopp.gob.bo/wp-content/uploads/2020/antiguos/guias/Guia-de-Supervisión-de-Obras.pdf>.
- [7] Juristo S., R. (1997). El contrato de obra pública, Raíz TG S.L. Madrid. p.17.
- [8] López, M. (2019). Gastos generales en Chile y deficiencias del RCOP. El Mercurio Legal, junio de 2019. Santiago. p. 1.
- [9] CADECO. (2010) Análisis de precios unitarios de referencia para la construcción. Cámara de la Construcción Cochabamba. [En línea]. Disponible: <https://www.cadecocbba.com/docs/preciosUnitarios/PU-100118-030018.pdf>.
- [10] Cervantes A, A. (2007). Costos de operación de la empresa constructora. Uam.mx. p. 81.
- [11] Yatoco A, J. (2021). El reconocimiento de los gastos generales en los contratos de obra. [En línea]. Disponible: <https://www.peruweek.pe/el-reconocimiento-de-los-gastos-generales-en-los-contratos-de-obra/>.
- [12] Castillo T., J. (1998). La vida diaria de los costos. México, IMCyC, p. 82
- [13] SICOES. (2022). Modelo de documento base de contratación – licitación pública. Sistema de Contrataciones Estatales. Estado Plurinacional de Bolivia. [En línea]. Disponible: <https://www.sicoes.gob.bo/portal/normativa/decretos.php>.



CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONFIABILIDAD β EN UNA VIGA POR LA VARIACIÓN DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN Y ACERO

Msc. Ing. Ronald Fernando Gonzales Soto
INGENIERO CIVIL

INTRODUCCIÓN

Casi todas las actividades de la vida se caracterizan por un cierto nivel de riesgo. Ejemplos de actividades de riesgo son casi todas las labores de ingeniería o simplemente montar en bicicleta o en coche, subir a un avión o vivir por debajo del nivel de estructuras, entre otras. En el ámbito de la ingeniería civil, el riesgo y la seguridad son conceptos clave que deben tenerse en cuenta explícitamente en el diseño y la gestión durante la elaboración, la ejecución y periodos de servicio. Los fallos de sistemas como edificios y otras infraestructuras tienen pocas probabilidades de producirse, pero pueden tener grandes consecuencias si estas llegaran a sufrir fallos.

Para determinar el grado de seguridad de una estructura o sistema, es necesario definir un nivel de riesgo aceptable, los ingenieros pueden desempeñar un papel importante en el debate y la toma de decisiones para tener estructuras confiables. Pueden aportar información sobre las probabilidades de fallo y las consecuencias (económicas, pérdida de vidas, etc.) de un sistema determinado y poner de relieve las compensaciones entre las inversiones en sistemas más seguros y la reducción del riesgo.

Hay que tener en cuenta los riesgos en las distintas fases de un proyecto: durante la construcción, el uso regular (servicio) y el desmantelamiento. Cada fase tiene un conjunto característico de riesgos. Por ejemplo, riesgos de lesiones entre los trabajadores y sobrecostos presupuestarios durante la fase de construcción, y pequeñas probabilidades de fallo durante la vida útil regular.

La Teoría de la Confiabilidad, aplicada inicialmente a procesos industriales de producción en serie, fue adaptada en 1960 al campo de la Ingeniería Estructural con objeto de elaborar métodos que permitiesen determinar los niveles de seguridad de los Sistemas Estructurales, en base a un tratamiento racional de las incertidumbres existentes en los mismos. Momento a partir del cual esta área de investigación ha experimentado un fuerte impulso, y las bases teóricas desarrolladas han pasado de ser un tema de investigación académica a un conjunto de metodologías con un amplio rango de aplicación práctica.

ANÁLISIS DETERMINÍSTICO Y PROBABILÍSTICO

Dentro de acercarnos al cálculo más cercano a la realidad de lo que sucede y puede suceder en las diferentes estructuras dentro de la ingeniería civil, nos familiarizamos con el uso de normativas para el diseño por que utilizamos los métodos determinísticos que tienen base en lo probabilístico, por otra parte ciertas susceptibilidades en el diseño o en la construcción puede llevar a errores o no considerar aspectos en el diseño que pueden cambiar o no realizar como se tenía especificado hay entra el análisis probabilístico. a continuación, algunas características de cada uno de los análisis y estas deben permanecer en equilibrio para tener una realidad más objetiva de lo que esta sucediendo.



Figura 1
Análisis determinístico vs probabilístico

Nota.- El grafico representa las diferencias de cada análisis y como este debe permanecer en equilibrio para una mejor comprensión del comportamiento de estructura, extraído de (Orta, 2019)

CÁLCULOS DE FIABILIDAD, CONCEPTOS BÁSICOS

La infraestructura que se diseña construye, opera y mantiene en cierto contexto tiene que ser confiable durante su ciclo de vida. El concepto de confiabilidad se asocia con la incertidumbre de que dicha infraestructura y que cumpla con el objetivo durante su ciclo de vida. En ingeniería estructural se aplica principalmente en la seguridad contra el colapso. El colapso ocurre cuando no hay equilibrio entre las fuerzas internas (resistentes) y las fuerzas externas (que actúan en la estructura).



Figura 2
Solicitaciones y resistencia de un sistema estructural

Nota.- La fiabilidad de un sistema puede evaluarse comparando dos magnitudes estocásticas: la resistencia R del sistema, por una parte, y la carga (o sollicitación) S , (Jonkman, 2017)

Cuando se habla de capacidad de carga o de respuesta, la geometría, y materiales de construcción de la estructura son fundamentales para estimar su resistencia. En la práctica, la determinación de la capacidad resistente, así como de las sollicitaciones o fuerzas actuantes, son problemas desafiantes. Esto se debe a que, para la toma de decisiones en la ingeniería, la información es normalmente incompleta, además de que la resistencia de una estructura y sus sollicitaciones pueden cambiar en el tiempo.

Para tomar en cuenta estas variaciones, tanto la resistencia como la demanda a que estará sujeta una estructura, se modelan a través de variables que, lejos de tomar valores puntuales, oscilan en un cierto rango. Estos valores son útiles para cuantificar la confiabilidad de los sistemas, que puede ser medida en términos de una probabilidad. Para ello, se tienen que definir dos conceptos, que a partir de ahora se asocian a las estructuras de interés:

R = Capacidad (Resistencia)

S = Demanda (Solicitaciones)

Mientras que la primera se refiere por ejemplo a la cortina de la presa, que es la encargada de resistir las fuerzas externas, la segunda está relacionada con los distintos fenómenos que actúan sobre ella (ejemplo: sismo, precipitación, empuje del embalse, empuje de azolves, oleaje, etc). Esto es, la capacidad está dada por la resistencia que tiene la estructura, mientras que la demanda se refiere a las fuerzas que actuarán sobre ella durante su vida útil. Así, ahora se discuten algunas cuestiones referentes al análisis de confiabilidad.

PROBABILIDAD DE FALLO

Esta función de densidad de probabilidad conjunta puede dibujarse mediante líneas de altitud en el espacio R, S . Ahora que la probabilidad de fallo de la estructura es igual al volumen de la función de densidad de probabilidad conjunta en la región insegura. la función de densidad de probabilidad conjunta en la región insegura.

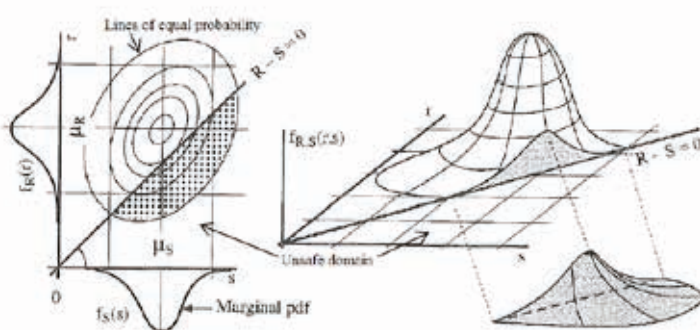


Figura 3
Probabilidad de fallo

Nota.- Diferentes normas mencionan valores objetivo para la probabilidad de fallo en función del periodo de referencia y de las consecuencias del fallo con respecto a vidas humanas y consideraciones económicas. (Jonkman, 2017)
La probabilidad de falla está estrechamente ligada al índice de confiabilidad, que es el parámetro más usado para medir el nivel de seguridad de un sistema (Sanchez Silva, 2015).

Este índice es usado en otras ramas de la ingeniería, como la ingeniería electrónica, en donde se construyen cientos de estructuras iguales, de las cuales un porcentaje muy pequeño presenta falla. Pero en la ingeniería civil no pasa eso, dado que solo se tiene una estructura (y no cientos de ellas), a la cual se le debe medir su seguridad ante eventos, como por ejemplo las cargas vivas o el sismo.

La teoría de confiabilidad es un método basado en la matemática estadística, donde las propiedades de los materiales y el proceso de carga –que varía con el tiempo y modelos inciertos– se pueden describir como variables aleatorias ajustadas a cualquier curva estadística.

El margen de seguridad o función de estado límite es la forma matemática de describir la relación entre la resistencia (R) y la sollicitación (S) en un sistema, o en este caso en una estructura. Tanto R como S pueden describirse por variables que pueden ser aleatorias o determinísticas, como por ejemplo $f'c$ y f_y , por el lado de la resistencia, y por el lado de la sollicitación las cargas de los camiones que pasan sobre el puente (representado por la letra P) o la carga muerta (representado por la letra D) (James, 2003).

ÍNDICE DE CONFIABILIDAD β

El índice de confiabilidad β es el parámetro más usado para medir el nivel de seguridad de un sistema. Cuando las variables tanto de resistencia (R) como de sollicitación (S) están distribuidas normalmente, el índice de confiabilidad se puede calcular como se muestra en la ecuación:

$$\beta = \frac{1}{Vg(R,S)} = \frac{\mu_Z(R,S)}{\sigma_Z(R,S)} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

$\mu_Z(R,S)$: Valor medio del margen de seguridad

$\sigma_Z(R,S)$: Desviación estándar del margen de seguridad

$Vg(R,S)$: Coeficiente de variación del margen de seguridad

Por otra parte pueden ser calculados por las siguientes expresiones:

$$\mu_Z = \mu_R - \mu_S \quad \text{Ec. 2}$$

$$\sigma_Z = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

μ_R : Valor medio de la resistencia (R)

μ_S : Valor medio de la sollicitación (S)

σ_R^2 : Desviación estándar al cuadrado de la resistencia(R)

σ_S^2 : Desviación estándar al cuadrado de la sollicitación(S)

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONFIABILIDAD β

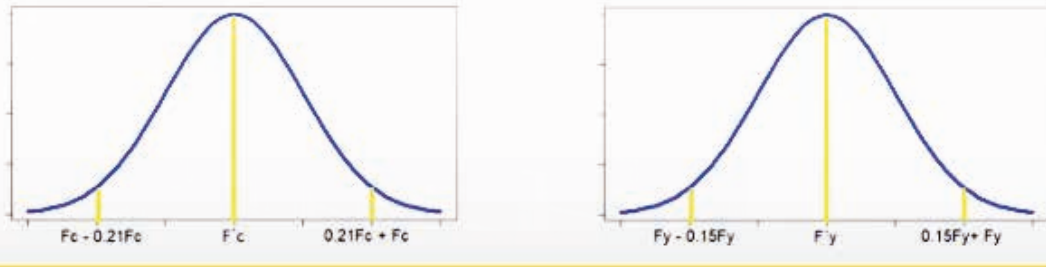
Para el siguiente cálculo se analizó una viga de sección rectangular de 45x25 cm y una luz de 7.50 metros, donde el coeficiente de variabilidad de los materiales es un cálculo estadístico de cómo podría variar estos materiales con relación a las diferentes etapas de construcción de la viga de hormigón armado.

Tabla 1.

MATERIAL	RESISTENCIA (Mpa)	COEFICIENTE DE VARIABILIDAD
CONCRETO	21	0,21
ACERO	420	0,15

Coeficiente de variabilidad
Fuente: elaboración propia
Realizamos las siguientes simulaciones de las variables que componen el material en función a combinaciones:

Figura 4.
Curvas de variabilidad de $f'c$ y f_y



Fuente: elaboración propia

Combinaciones de variables:

Simulación 1 (A1) = $(0.21f'c + f'c) + (0.15fy + fy)$

Simulación 2 (A2) = $(0.21f'c + f'c) + (0.15fy - fy)$

Simulación 3 (A3) = $(0.21f'c - f'c) + (0.15fy + fy)$

Simulación 4 (A4) = $(0.21f'c - f'c) + (0.15fy - fy)$

De las cuatro simulaciones obtenemos los valores de las variables de estudio:

Tabla 2.
Simulaciones de variación de $f'c$ y f_y

SIMULACIONES	$f'c$ PROBABLE DEL CONCRETO	f_y PROBABLE DEL ACERO
A1	25,41	483
A2	25,41	357
A3	16,59	483
A4	16,59	357

Fuente: elaboración propia

Se realiza el cálculo de la viga tanto de los momentos actuantes y los momentos resistentes de la viga con los valores de $f'c$ y f_y de las simulaciones de la tabla:

Tabla 3.
Valores de los momentos actuantes y resistentes de las simulaciones de $f'c$ y f_y

SIMULACION	Mactuante	Mresistente
1	158,40	159,37
2	158,40	166,92
3	158,40	172,51
4	158,40	165,63
	633,60	664,42

Fuente: elaboración propia

Con esos valores se calcula la media y desviación estándar de los momentos solicitantes y resistentes:

Tabla 4.
Media y desviación estándar de los momentos resistentes y solicitantes

Momento solicitante		Momento resistente	
media	desviacion	media	desviacion
μ_s	σ_s	μ_r	σ_r
158,4	0	166,105	4,67

Fuente: elaboración propia

Reemplazando estos valores en las ecuaciones 1 y 2:

$$\mu_z = 166.105 - 158.400 = 7.705$$

$$\sigma_z = \sqrt{0^2 + 4.67^2} = 4.672$$

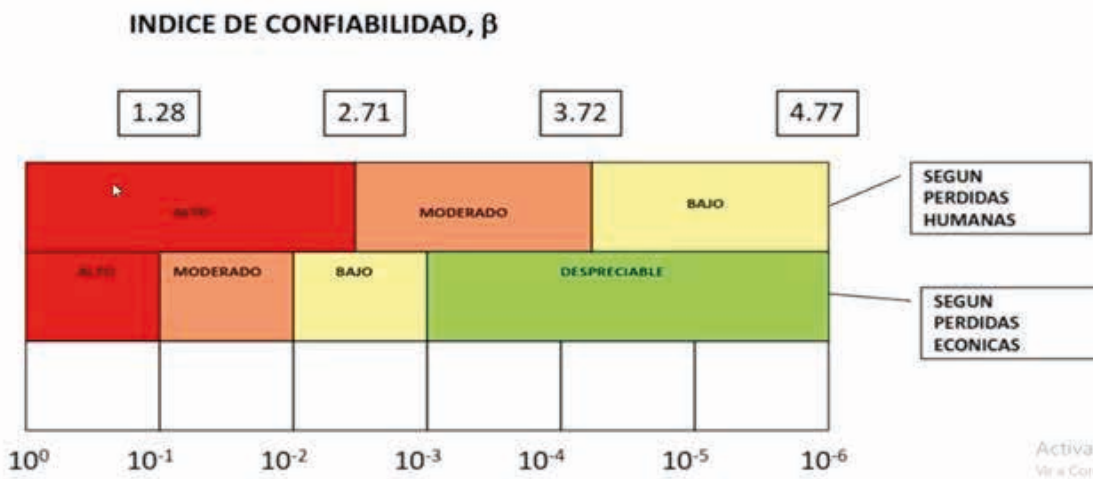
Los valores de la media y de la desviación estándar serán reemplazados en la ecuación 1 de donde se obtiene el valor del índice de confiabilidad:

$$\beta = \frac{7.705}{4.672} = 1.649$$

Con este valor se puede obtener el riesgo tolerable del sistema.

Se puede evidenciar en la figura 5, se tiene un riesgo alto según las pérdidas humanas que se pueda dar con las simulaciones establecidas de las variables $f'c$ y f_y , y un riesgo moderado según las pérdidas económicas que oscilan entre los valores de 1.28 y 2,71 que se encuentra el valor calculado para esta viga con un índice de confiabilidad de 1.649.

Figura 5
Riesgo tolerable en función del índice de confiabilidad



CONCLUSIONES

Es evidente dentro del ejemplo para el cálculo de una viga, con las simulaciones establecidas de variación de $f'c$ y f_y acuerdo a criterios estadísticos y probabilísticos, podemos concluir que estas variaciones existen un riesgo alto-moderado de que se llegue a producir una falla en dicho elemento estructural.

La falta de estudios oportunos, adecuados y correctos durante la concepción del proyecto puede provocar que se presenten distintos modos de falla sobre la viga a lo largo de su vida, como lo simula el modelo desarrollado.

La idea detrás de uno de estos análisis es asegurar que R sea mayor que S ($R > S$), es decir, que el sistema resista más de lo que actúa sobre él, a lo largo de su ciclo de vida (desde las etapas de diseño y construcción, hasta la de reusó o disposición y desmontaje).

Investigadores en distintas latitudes han propuesto diversos métodos para evaluar los riesgos en obras de infraestructura. Entre ellos, se pueden mencionar: el período de retorno, la simulación de Montecarlo, el método del primer orden del segundo momento estadístico, el método de confiabilidad, y las redes Bayesianas, siendo estas últimas las que mejor permitieron evaluar los riesgos en las estructuras de interés.

Debe de existir mayor investigación e interés por parte de los constructores, proyectistas y demás personas que intervienen en la edificación de este tipo de obras, en lo que se refiere al análisis de riesgos.

BIBLIOGRAFÍA

James, G. (2003). Analysis of Traffic Load Effects on Railway Bridges. Stockholm, Sweden: Structural Engineering Division Royal Institute of Technology.

Jonkman, S. (2017). Probabilistic Design: Risk and Reliability Analysis in Civil Engineering. New York: Faculty of Civil Engineering and Geosciences.

Meli Piralla, R. (2021). Diseño Estructural . Mexico: LIMUSA.

Orta, L. (2019). Conceptos Básicos de Confiabilidad Estructural. Monterrey: Tecnológico de Monterrey.

Sanchez Silva, M. (2015). Introducción a la confiabilidad y Evaluacion de Riesgos. Bogota: Uniandes.

Villarreal Castro, G., & Diaz La Rosa Sánchez , M. (2016.). Edificaciones con disipadores viscosos . Lima.



IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA DE TRANSMISIÓN DE DATOS GNSS EN TIEMPO REAL MEDIANTE NTRIP

Lic. MSc. Vicente Rojas Pillco
DOCENTE FACULTAD TECNICA

Estudiante Edwin Domingo Marquez Tolaba

Palabras claves: CORS, RTCM, GNSS, NTRIP, HTTP, RTK,

RESUMEN

El presente artículo trabajo de investigación, se desarrolla con el método hipotético deductivo. La implementación de la tecnología y las técnicas de medición GNSS en tiempo real que permitan a los usuarios obtener un mayor posicionamiento preciso, generando reducción de costos y optimizando la adquisición de datos, es una alternativa viable en comparación con otras técnicas de medición GNSS estándar para trabajos de ingeniería, así mismo el avance tecnológico en el área de telecomunicación ha permitido hoy en día el surgimiento del protocolo NTRIP que ofrece la posibilidad de transmitir y recibir correcciones diferenciales, a través de internet y con ayuda de dispositivos móviles. A partir de los resultados obtenidos en levantamientos topográficos, se comprueba que en cualquier lugar, con la cobertura de telefónica móvil y receptores GNSS de doble frecuencia, se logra una precisión de ± 0.3 cm en áreas urbanas y de ± 0.5 cm en las áreas rurales por ello la implementación de GNSS NTRIP en trabajos de topográficos proporciona ventajas en términos económicos y técnicos.

INTRODUCCIÓN

El Sistema NTRIP fue desarrollado en Alemania de manera conjunta por la Agencia Federal de Cartografía y Geodesia (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, BKG) y la Universidad de Dortmund, y, consiste en la transmisión de correcciones diferenciales y datos GNSS, originalmente en formato estándar RTCM, a través del protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), las cuales son obtenidas en una estación de referencia y ofrecidas a los usuarios vía Internet.

Las Estaciones de Referencia de Observación Continua (CORS), llamadas comúnmente estaciones permanentes, estaciones de referencia o estaciones fijas, son equipos que utilizan los GNSS, siendo capaces de determinar la posición con gran exactitud, observando satélites de las constelaciones GPS, GLONNAS, GALILEO Y COMPASS/BEIDOU. Las CORS son instrumentos geodésicos para posicionamiento global de alta precisión, que funcionan las 24 horas del día, los 365 días del año, observando continuamente las coordenadas geocéntricas del lugar.

QUÉ ES NTRIP

NTRIP, (Network Transport RCTM Internet Protocol) es una técnica basada en la transferencia de hipertexto HTTP por medio del protocolo Internet (IP), con la finalidad de mejorar el flujo de datos GNSS en la transmisión de correcciones RTK. en palabras más simples, es el nombre para la TRANSMISIÓN DE DATOS DE NAVEGACIÓN SATELITAL A TRAVÉS DE INTERNET.

COMPONENTES DE TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS GNSS

Los componentes del sistema, se encuentra conformado por 4 elementos principales:

1. **NTRIP SOURCE:** Son las estaciones de referencia o estaciones GPS/GNSS permanentes que transfieren datos RTCM al Caster NTRIP a través de una conexión TCP/IP.
2. **NTRIP SERVER:** Es el software que saca la corrección diferencial, este se encuentra en la misma estación permanente, es el encargado de enviar los paquetes de datos en formato RTCM a el caster.
3. **CASTER NTRIP:** Es el servidor de Internet que administra el flujo de datos proveniente de las estaciones base, a la vez que controla a los clientes que solicitan ingresar a la red y, en la medida que estén autorizados, les transfiere los datos RTCM de dichas estaciones a uno o múltiples rover en terreno
4. **CLIENTES NTRIP:** Es el software que va en la colectora de datos, está conformado por los receptores que reciben los flujos de datos RTCM. Los clientes primero necesitan ser aceptados por el Caster NTRIP y, una

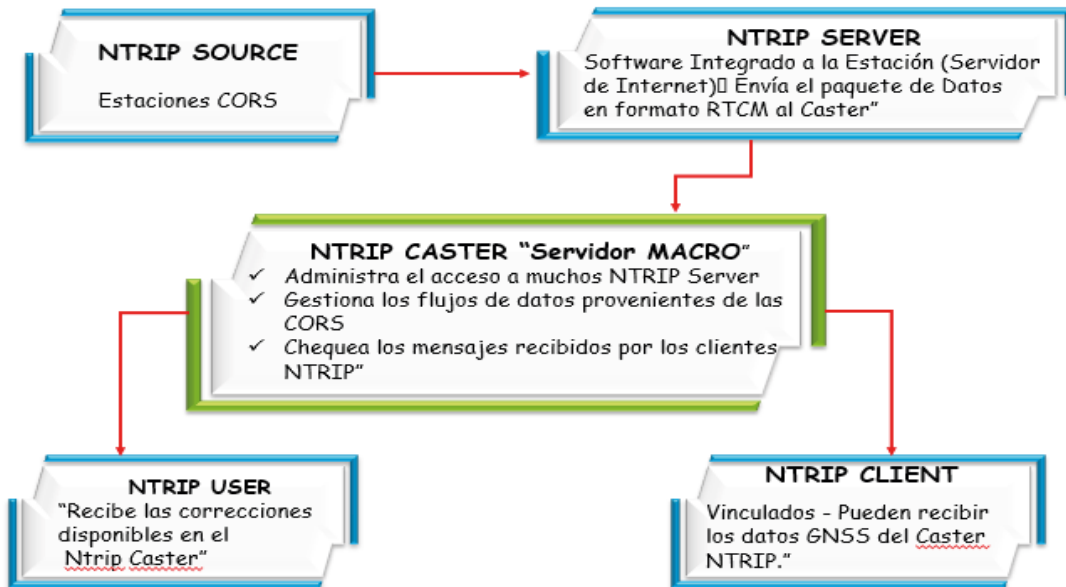


Figura N° 1 Componentes de sistema NTRIP
Fuente: Nancy Paola Gutiérrez R.

vez autorizados, pueden recibir los datos GNSS del Caster NTRIP.
MEDICIONES Y ACTIVIDADES A REALIZARSE CON NTRIP

La recepción de la señal de corrección diferencial vía NTRIP, es canalizada a través de una aplicación informática asociada al hardware comercial o en su defecto gratuita, como por ejemplo GNSS Internet Radio que debe ser instalada previamente en el dispositivo que permita la conexión a Internet (PC, laptop, PDA o teléfono celular)

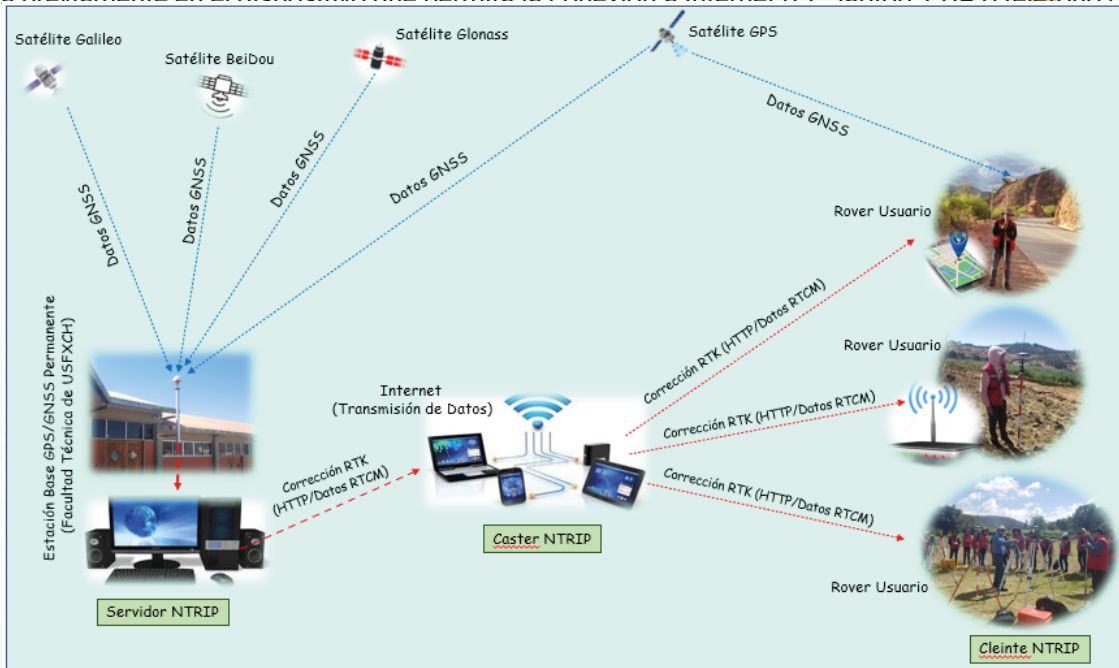


Figura N° 2 Esquema de medicación GPS NTRIP para posicionamiento preciso

A continuación, se describen los pasos a seguir para levantamientos con la técnica de NTRIP:

- 1 Recopilación de experiencias de otros profesionales topógrafos, manual de manipulación y conocimiento teórica de NTRIP.
- 2 Realizar la planificación del trabajo de levantamiento con NTRIP.
- 3 Contar con coordenadas geodésicas para la estación permanente, en sistema de referencia WGS 84 o en ITRF.
- 4 Realizar la configuración del método en la estación permanente.
- 5 Selección de puntos geodésicos (Coordenadas UTM y/o Geodésicas)
- 6 Efectuar la configuración del método NTRIP en la colectora de datos de campo.
- 7 Posicionamiento del método NTRIP y estático de 10 a 20 min, con una grabación cada época de 1 segundo.
- 8 Realizar el Post-proceso y ajuste de datos de los puntos estáticos en cualquier software de ajuste GNSS.
- 9 Establecer conexión a Internet en dispositivos móviles (Rover) y luego utilizar el protocolo NTRIP.
- 10 Realizar la medición, capturar información o recopilación de datos en trabajo de campo con método NTRIP
- 11 Transferencia de datos de campo al ordenador de datos en Excel.)
- 12 Realizar análisis de resultados: Precisión y Exactitud en puntos fijos y puntos medidos
- 13 Elaborar la representación gráfica (Planos o Mapas temáticos)
- 14 Elaboración informe técnico del trabajo ejecutado con la técnica NTRIP.

VENTAJAS DEL USO DE NTRIP

Con NTRIP no es necesario mantener un receptor GNSS con un operador todo el día en una estación de referencia.

El acceso a Internet es independiente de las obstrucciones entre el rover y la estación de referencia.

Un módem GSM/GPRS o 3G (tercera generación) es más económico que un radio UHF.

El alcance obtenido con Internet es mayor que el del radio UHF.

No es necesario buscar lugares altos para instalar la estación de referencia.

CONFIGURACION BASICA MODO RTK NTRIP SOUTH GALAXY G7

En esta guía se establece el procedimiento para establecer una comunicación vía NTRIP entre el receptor GNSS y el servidor NTRIP CASTER, (carrera de Geodesia y Topografía de la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca), mediante el uso de un teléfono celular que funcione como router, el cual proporcionará la señal WI-FI captada por el colector de datos.

Se debe tener en cuenta la previa configuración del receptor tanto como las IP, login y pass proporcionados por administrador de Carrera de Topografía.


Se utilizará la aplicación SurvStar descargada de la página oficial de South.

SurvStar




1 Crear una carpeta de trabajo ingresando a icono de **Gestor de Proyectos > Nuevo**. En esta ventana podremos configurar varias opciones, entre ellos:

Nombre del Proyecto:
Tipo de Sistema de Coordenadas:
Operador:
Instrumento:
Notas:
Fecha: (Automático)
Capacidad del disco: (por defecto del dispositivo)



2 Ingresamos al icono de **Sistema de coordenadas** Verificar el **Elipsoide** y **Sistema de Proyección**

En caso de que el campo de **Sistemas de coordenadas** este vacío o en otra zona, seguir las siguientes indicaciones. **PREDEFINIDO > PLANTILLA > BUSCAR > SELECCIONAMOS LA ZONA > ACEPTAR**



3 Ir a la pestaña de **INSTRUMENTO**. click en el icono de **COMUNICACIÓN** para vincular la controladora con el **ROVER**


Click en **BUSCAR**, DEBE BUSCAR EL ROVER CON SU NUMERO DE SERIE *S/N* el mismo está inscrito en el receptor, después de 15 segundos click en **DETENER** a continuación, seleccione el receptor buscado **CLICK** en **CONECTAR**. (el asistente de voz confirmará que está conectado)



4 Nos dirigiremos a la ventana de **ROVER**


En este paso el icono de **ROVER** tiene que estar con el **tickeo verde**.

Verificamos que el enlace este en **Bluetooth**



En esta ventana tendremos otros parámetros para poder configurar como ser:

Enlace: Tipo de enlace (Wi-Fi, Bluetooth)
 Configuración de conexión inteligente:
 Configuración de Enlace: Enlace a una Red CORS
 Router de Radio:
 Mascara de Elevación: Por defecto en 10°
 Usar la función de Inclinación: Función IMU (posteriormente se config.)
 Grabar Datos Crudos:
 Nombre del Punto:




5 **Enlace del Rover al C.O.R.S. (SISTEMA DE REFERENCIA DE OPERACIÓN CONTÍNUA)**

Debemos tener listo el IP, Puerto, Nombre de Usuario y Contraseña otorgado por Gabinete de Topografía de la Facultad Técnica

En el mismo icono de **ROVER** hacemos click en **CONFIGURACION DE ENLACE**

EDITAR



Aquí introduciremos los siguientes datos:

IP: XXX.XXX.XXX.XX
Puerto: XXXX
Nombre de Usuario: XXXXXX
Contraseña: *****

Una vez introducidos estos caracteres, haremos click en **SELECCIONAR MOUNTPOINT**.

A primera vista no aparecerá la lista de Mountpoint's

Hacemos click en **ACTUALIZAR LOS MOUNTPOINTS** (se soldará de la venta). Y hacemos otra vez click en **SELECCIONAR MOUNTPOINT**.
Buscamos la base de la nuestra Facultad, la misma que se llama **GE15_MSM4**

7 Nos vamos a la pestaña de **Medición > Medición de punto**

Antes de empezar hacer el levantamiento debemos verificar que el estilo de punto tomado este en, **PUNTO RAPIDO**.

Llegando a este paso podemos empezar a realizar nuestro trabajo

APLICACIONES LA TECNOLOGÍA NTRIP

- Topografía, Cartografía y Geodesia.
- Agricultura de Precisión.
- Minería.
- Catastro y Planeamiento Urbano y Rural.
- Vialidad.
- Construcción.
- Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Trabajos Exploratorios de Hidrocarburos.
- Redes geodésicas locales, municipales y regionales.
- Puntos de apoyo para fotogrametría y teledetección.
- Muchas, muchas más aplicaciones...

CONCLUSIONES

- Al aplicar la tecnología NTRIP en el área de topografía, brinda una posibilidad real y confiable de atender los requerimientos de los profesionales topógrafos en tiempo real, garantizando la homogeneidad de las coordenadas en cuanto a calidad y marco de referencia, razón por la cual se debe incursionar más en esta técnica a los estudiantes de las carreras de Geodesia, Topografía y a nuestros egresados.
- La Implementación de los Sistemas de Tiempo Real mediante NTRIP CASTER (Protocolo para el envío de datos GNSS por Internet), requiere del constante mantenimiento y control para garantizar su continuidad, para ello es necesario desarrollar políticas institucionales que busquen el fortalecimiento y permitan la generación de recursos con la prestación de CORS de la carrera de topografía de USFX al servicio de la sociedad en general.
- Se requiere con urgencia la vinculación de un mayor número de estaciones de operación continua CORS a distancias menores, para garantizar la transmisión de datos en Tiempo Real, con la calidad y precisión requeridas por parte de los usuarios.
- Esta metodología de sistema NTRIP requiere contar con conexión a internet. En lugares que posean conectividad a internet este método es muy eficiente y rápido, ya que no requiere post - procesamientos o la implementación de puntos base en campo como los métodos tradicionales de levantamiento geodésicos. Por esta razón los beneficios son en ahorro de recursos, como tiempo y costos para los usuarios en diferentes aplicaciones geoespaciales.

BIBLIOGRAFÍA

El presente artículo es recopilado de los autores que se cita en referencia bibliográfica y otros autores, para reproducir con fines didácticos como material de consulta de los estudiantes de las Carreras: Geodesia y Topografía.

- Luis Armando Villamizar Pulido, Luis Felipe Mantilla Vargas. Metodología para el análisis y verificación de levantamientos topográficos mediante la tecnología NTRIP para la incorporación a la cartografía del distrito capital. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Ingeniería Topográfica. Bogotá D.C., Colombia. Octubre de 2016.
- Nancy Paola Gutiérrez R. Avances en la Infraestructura MAGNA-SIRGAS, para la implementación de Tecnologías de Transmisión de Datos GNSS en Tiempo Real; Servicios NTRIP Caster y VRS. Ingeniera Topográfica - Especialista en Geomática. IGAC – GIT GEODESIA.
- Héctor Santiago Rincón García. Implementación y Evaluación del Método NTRIP desde la Academia, en la Ciudad de Bogotá. Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia. Venezuela Maracaibo. Diciembre 2009
- Melvin Hoyer. Conceptos básicos del posicionamiento GNSS en tiempo real. NTRIP y tópicos relacionados con el tema.melvinhoyer@gmail.com
- Norbertino Suárez Silva, Roberto Pérez Rodino, Ricardo Yelicich Peláez. Red de transporte de datos en formato RTCM, vía protocolo de Internet (Ntrip). Implementación en la región y proyección futura a través de SIRGAS
- Instalación de una Red de Correcciones GNSS en Tiempo Real mediante NTRIP en Bolivia, M. Hoyer, L. Arredondo R. Cuellar, M. Aranibar, M. Lijeron, A. Echalar, M. Sandoval, LGFS, Universidad del Zulia, Mertind Ltda., Bolivia, Instituto Geográfico Militar – Escuela Militar de Ingeniería, Bolivia.
- Hoyer M., Weber G., Rodino R., Da Costa S., Cioce V., Cimbaro S., Noguera G., Rezza R. Avances en la Materialización del Marco de Referencia Sirgas en Tiempo Real Mediante NTRIP. Lima, Noviembre 2010
- <https://www.scsequipos.com/que-es-ntrip-conoce-sus-ventajas-para-la-topografia-gnss-rtk/>



EXPLORANDO LOS LÍMITES TERRITORIALES DEL DEPARTAMENTO DE CHUQUISACA

Lic. Emilio Saigua Sarsudes
Técnico Superior En Topografía
Licenciado En Geodesia Y Topografía

RESUMEN

Este artículo Explorando los Límites Territoriales del Departamento de Chuquisaca tiene como objetivo principal investigar y analizar los límites territoriales en el departamento de Chuquisaca, Bolivia, y examinar su influencia en la planificación a nivel departamental. Se realiza análisis de los límites administrativos, geográficos y políticos, con el propósito de comprender su impacto en el desarrollo socioeconómico, la gestión de recursos y la gobernabilidad local a nivel departamental. Además, un análisis completo de las políticas y estrategias de planificación departamental en Chuquisaca, con el fin de identificar áreas de mejora y promover un desarrollo más equitativo y sostenible en el departamento de Chuquisaca

Resaltar que la Geodesia y Topografía desempeñan un papel fundamental en la definición de límites territoriales al proporcionar mediciones precisas, referencias cartográficas y datos confiables que son esenciales para la toma de decisiones administrativas y legales.

De esa forma se podrá implementar la planificación territorial en los niveles que corresponda con límites territoriales definidos y precisos.

Sin duda, una de las tareas pendientes desde el nacimiento de la República hasta el presente por parte de los órganos del Estado, es la definición de los límites de las Unidades Territoriales. Al respecto, la nueva Constitución Política del Estado - CPE, en la parte que corresponde a la "Organización Territorial del Estado", establece que: la creación, modificación y delimitación de Unidades Territoriales se hará por voluntad democrática de sus habitantes.

Con este orden de ideas, se analiza el significado espacial que tiene la Geodesia y Topografía, en Planificación Territorial al ser considerado dentro de estrategias del departamento y sus municipios.

INTRODUCCION

El departamento de Chuquisaca, situado en el sur de Bolivia, se caracteriza por una diversidad geográfica, cultural y política que influye en su desarrollo socioeconómico y en la gestión de sus recursos.

En este análisis, se examina los límites administrativos, geográficos y políticos del departamento de Chuquisaca con el fin de comprender su importancia y su impacto en diversos aspectos de la situación regional.

Interpretamos como un proceso para organizar el territorio con el fin de adecuarlo a las exigencias de las inversiones públicas y a la promoción de las inversiones privadas. En Planificación Territorial persigue la mejor distribución de la población y de actividades económicas, de acuerdo con las condiciones y oportunidades que ofrece el espacio territorial del departamento de Chuquisaca y sus municipios.

El presente artículo se pone a disposición de las autoridades de los distintos niveles y opinión pública en general, que trata mediante la investigación y seguimiento exhaustivo de compilar todas las disposiciones legales y técnicos.

Se debe tener presente, que los mapas temáticos que se presentan, en cuanto a los límites territoriales, éstos tienen carácter referencial solo para fines ilustrativos, no se debe considerar definitivos, debido a que los mismos serán definidos mediante Leyes sobre la base de procesos administrativos señalados mediante una Ley Especial.

UBICACION TERRITORIAL DEPARTAMENTO DE CHUQUISACA

El departamento de Chuquisaca se encuentra en el país de Bolivia, más específicamente, está ubicado en la región central-sur de Bolivia. Limita al norte con los departamentos de Cochabamba y Potosí, al sur con el departamento de Tarija, al este con el departamento de Santa Cruz, y al oeste con el departamento de Potosí

DELIMITACION TERRITORIAL

La delimitación de una unidad territorial es el proceso de establecer los límites físicos y geográficos de una región específica que implica definir claramente los límites en un mapa o en el terreno mismo para distinguir esa área territorial.



IMAGEN N° 2 Límites Interdepartamentales de Chuquisaca FUENTE: Elaboración Propia

La delimitación es fundamental para la administración eficiente del territorio, la gestión de recursos, la planificación urbana, la distribución de servicios públicos y la toma de decisiones políticas.

La delimitación de una unidad territorial puede basarse en una variedad de criterios, como características geográficas naturales, es importante destacar que la delimitación de una unidad territorial puede ser un proceso complejo y a menudo está sujeto a disputas o controversias, especialmente en áreas donde hay reclamos territoriales. En tales casos, la delimitación puede requerir negociaciones diplomáticas para llegar a un acuerdo aceptable para todas las partes involucradas.



IMAGEN N° 1 Ocupación del Territorio Actual
FUENTE: Elaboración Propia

IDENTIFICACIÓN DE VÉRTICES

La identificación y materialización de vértices del límite de la unidad territorial se la realizara mediante la señalización, codificación y monumentación de manera permanente para la ubicación del inicio hasta el final del tramo colindante de la unidad territorial a delimitarse, ya sean en límites arcifinios o naturales, en cada cambio de dirección al interior del tramo colindante.

La Delimitación de unidades territoriales en el que el límite llegue hasta el eje del cuerpo de agua u otros que sean inaccesibles, se tomarán mediciones de coordenadas referenciales con fines de verificación en imágenes o fotografías aéreas con la precisión requerida.

RECOMENACIONES

Se recomienda que los procesos de planificación en diferentes niveles de Ordenamiento Territorial, está necesariamente orientado al desarrollo sustentable, se debe definir límites de cada área territorial pues debe buscar favorecer el crecimiento económico, elevar las condiciones de vida de la población en general en vivir bien y mantener vital la sustentabilidad de los ecosistemas y recursos naturales del territorio.

Las recomendaciones obtenidas podrían ser útiles para las autoridades departamentales, locales con planificadores regionales, municipales en mejorar la gestión territorial, promover un desarrollo más equitativo y sostenible en el departamento de Chuquisaca

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Ley N°. 339 (2013). Ley de Delimitación de Unidades Territoriales.
- 2) PTDI (2016-2020). Plan Territorial de Desarrollo Integral – Chuquisaca.



SIMULACIÓN HIDROLÓGICA DE CUENCAS APLICANDO EL MODELO HIDROLÓGICO SWAT

Lic. Víctor Jaime Vargas Caba
TÉCNICO SUPERIOR EN TOPOGRAFÍA
LICENCIADO Y DOCENTE CARRERA EN GEODESIA Y TOPOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos son los más sensibles ante los efectos del Cambio Climático, por lo que la valoración de su estado resulta indispensable para el bienestar de la población. Con el propósito de generar información cuantitativa sobre la dinámica del escurrimiento superficial para orientar la priorización de gestión integral en las cuencas con déficit hídrico.

Los modelos hidrodinámicos permiten contar con indicadores cuantitativos para evaluar el efecto ecológico y económico que tendrán distintas condiciones de manejo sobre los acuíferos antes de ser llevadas a la práctica. Sin embargo, para no considerar la recarga superficial como un valor global, es necesario ligar estos modelos con otro hidrológico que permita generar los datos de recarga, respondiendo a una distribución espacial más apegada a la realidad. La integración del modelo hidrológico SWAT y el hidrodinámico MODFLOW es una alternativa a esta necesidad.

ANTECEDENTES

El aprovechamiento y la buena gestión del agua deben apoyarse en la participación de los usuarios y de la sociedad al nivel de las cuencas hidrográficas, el agua tiene un valor económico, social y ambiental en todos los usos a los que se destina y por tanto, su análisis, administración, planificación y en general la gestión integrada de este recurso debe contemplar las relaciones existentes entre economía, sociedad y medio ambiente, en el marco geográfico de las cuencas que son los espacios físicos en donde se verifica el ciclo hidrológico. Estos principios ilustran la importancia del agua en el mundo actual.

Bolivia no es la excepción. Por sus climas y por sus características geográficas, económicas, sociales y demográficas, enfrenta problemas y retos de gran dimensión y complejidad para satisfacer sus necesidades hídricas y desarrollar sus potencialidades.

Estos retos son mayores y más complejos, cuando se analizan a la luz de las tendencias que se perfilan para el futuro en los procesos de crecimiento demográfico, distribución de la población rural y urbana y de la economía por regiones y cuencas hidrográficas. Por ello, en los próximos años existe la necesidad de realizar esfuerzos mayores y cambios de diverso tipo en las instituciones y organizaciones públicas y privadas, así como en las actitudes y comportamientos de la sociedad para asegurar la preservación y sustentabilidad de su fuente primordial de vida el Agua.

EL MODELO SWAT

El modelo SWAT (Soil Water Assessment Tool) es una herramienta desarrollada por el Dr. Jeff Arnold del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos con el apoyo de La Universidad de Texas de 1980 a 1987. El propósito del modelo es predecir el impacto que originan las prácticas del manejo del suelo en el recurso agua y en la generación de sedimentos dentro de una cuenca hidrográfica.

Es decir el Modelo nos permite predecir el transporte de sedimentos, con el manejo de suelo en la agricultura, como en los usos de suelo y de químicos, en cuencas donde no se cuenta con infraestructura de aforos.

En Bolivia la calidad del agua es esencial, para el abastecimiento de las comunidades. El impacto del cambio climático es continuo y los modelos hidrológicos numéricos nos ayudan en forma importante a predecir, los escurrimientos hidrológicos.

El modelo es una herramienta para predecir el comportamiento de las cuencas hidrológicas y nos llevan a resultados confiables, en periodos de tiempo cortos y rápidamente, así como, a determinar las mejores condiciones de manejo de este recurso vital.

APLICABILIDAD DE MODELOS

La aplicabilidad de modelos matemáticos de simulación hidrológica de cuencas, como el caso del modelo SWAT, en los países menos desarrollados ha encontrado dos barreras: la escasez de datos y la desconfianza en modelos desarrollados en otras latitudes, modelos como SWAT requieren un elevado volumen de datos de entrada; sin embargo como los requerimientos de información para el empleo de SWAT puede ser satisfechos con dificultades sorteables.

La falta de datos para el ingreso al modelo SWAT, en países sub desarrollados como el nuestro, se busca mecanismos para lograr cubrir las necesidades del presente modelo, como el caso del modelo de digital de elevación DEM, que se obtiene de una página de la NASA dato esencial que se constituye la base para iniciar éste estudio.

Sin embargo este tipo de información se lograría obtener de la página de GeOBOLIVIA, pero la calidad de la misma no cubre las expectativas para un análisis adecuado, es de esta manera se recurre a modelos DEM de alta resolución que nos permita obtener información lo más cercano a la verdad.

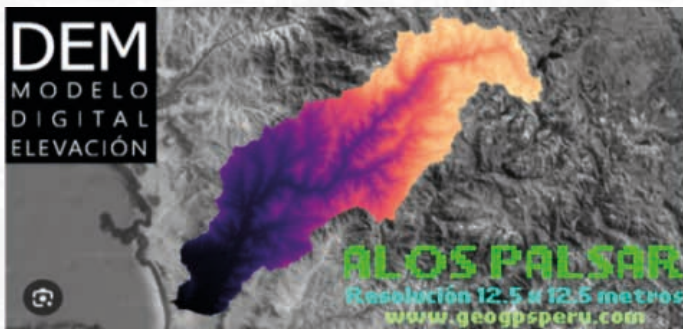
MODELOS ALOS PALSAR

Modelos Digitales de Elevación de alta resolución a partir de información SAR. Siendo una fuente poco conocida, es uno de los recursos DEM más atractivos con una resolución nativa de 30 y 12,5 metros remuestreados, en el tamaño del pixel a nivel mundial y de manera multitemporal, con una periodicidad de 46 días aunque un periodo de mapeo histórico comprendido entre 2006 y 2011 o mosaicos anuales a 25 metros hasta la actualidad, como se ve en la Figura 1.

Información de alta precisión nos permite lograr un análisis preciso en la modelación hidrológico como base fundamental e importante de simulaciones, con el modelo SWAT.

Forma parte como pilar fundamental para el modelo los datos meteorológicos e hidrométricos de las diferentes cuencas que sean sujeto de estudio, pero sin embargo la escasa información de las estaciones meteorológicas que son parte del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) institución técnico científica descentralizada del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, que si bien otorga información del comportamiento hidro-climática de manera general en Bolivia, no proporciona datos precisos en una gran parte del país situación que limita a obtener información precisa, para cualquier estudio hidrológico de cuencas generando un descuido en el manejo integral de cuencas (MIC).

Figura 1
Modelo Alos Palsar



Fuente: <https://www.google.com/search?client=2023>

El ingreso de datos del tipo de suelo y uso de del suelo es muy importante para el modelo ya que los mismos, pueden ser clasificados de acuerdo asu uso, composición y textura, estos datos se clasifican de la FAO-UNESCO.

APLICACIÓN DEL MODELO SWAT

Este modelo simulación hídrica, tiene la posibilidad de reproducir todos los componentes del ciclo hidrológico mediante un sistema de información geográfica.

El modelo SWAT está basado físicamente en:

Datos de entrada disponibles de precipitación, temperatura máxima y mínima radiación solar, velocidad del viento, humedad relativa, suelos, etc. Información compuesta por más de cinco variables permitiendo calcular la evapotranspiración potencial del modelo utilizando la fórmula de Penman Monteith.

$$\text{Penman Monteith } \epsilon_{T_0} = \frac{0.408 \cdot \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T - 273} \cdot u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Es computacionalmente eficiente para operar en grandes cuencas en tiempo razonable.

Es de tiempo continuo y capaz de simular grandes periodos para calcular los efectos de los cambios bajo diferentes escenarios.

El modelo hidrológico está basado en la ecuación general de balance hídrico:

$$SW_t = SW + \sum_{i=1}^t (R_i - Q_i - ET_i - P_i - QR_i)$$

DATOS DE ENTRADA PARA EL MODELO

1) Modelos DEM Alos Palsar, información que se obtiene de la página de la NASA, a través de vectores que delimita la zona de ubicación proporcionada por Google Hearth en formato Klm, Kmz, permitiendo adquirir el DEM del área de interés, como se puede ver en la Figura 2.

ALOS PALSAR

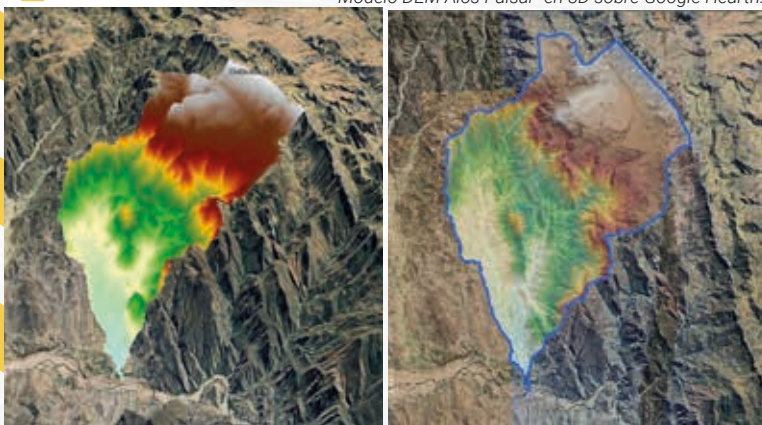


Figura 2
Modelo DEM Alos Palsar en 3D sobre Google Hearth.

Fuente: elaboración propia

- Datos de Evapotranspiración ET_r
- Datos Humedad Relativa
- Datos Precipitación
- Datos de Temperatura
- Datos Velocidad del Viento

2) Datos Hidro – Meteorológico de SENAHHMI

Datos crudos que en una primera instancia son revisadas, mismas que nos permiten hacer los ajustes necesarias de los datos faltantes, por diferentes métodos, ya sean por el método del promedio aritmético, método de la proporción normal, método de la interpolación o ecuación lineal, obteniendo datos completos del periodo de análisis en el formato del modelo SWAT.

3) Datos de Uso y tipo de Suelos

Toda la información, se baja de la FAO en formato raster y luego se va cortando en el software compatible con el SWAT, Arc-Map, QGIS, etc. paso a paso hasta llegar a la zona de interés.

Una vez obtenido toda la información necesaria para el ingreso de datos al modelo, cargamos al software en este caso al QSWAT. Originando un generador climático que puede simular las temperaturas y las lluvias diarias de la simulación hidrológica de la cuenca en estudio, para un periodo determinado como se ve en la figura 3.

Figura 3
Proceso de datos hidrológicos en el QSWAT



Fuente: elaboración propia

Una vez cargada toda la información se obtiene las unidades de respuesta hidrológica (HRU), que nos permite analizar el comportamiento hidrológico de la cuenca en estudio, permitiéndonos obtener una simulación hídrica, a través de informes de resultados en gráficos, tablas, donde se muestran resultados de la

escorrentía superficial, sub superficial, y la percolación del agua a los acuíferos, como también el arrastre de los sedimentos de la cuenca en estudio, a través de informes diarios mensuales, anuales, de acuerdo a un periodo de retorno por determinar.

Resultados en gráficos que se espera de la simulación hidrológica del modelo SWAT, como se ve en la figura 4.

Escorrentía en milímetros / mes, modelación con mapas globales suelos y uso QSWA

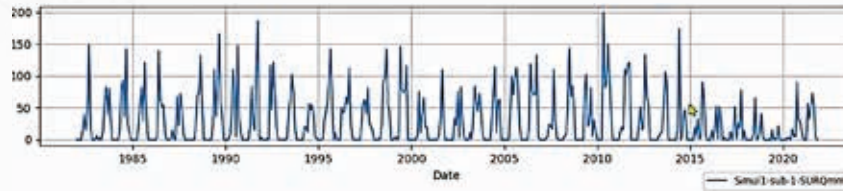
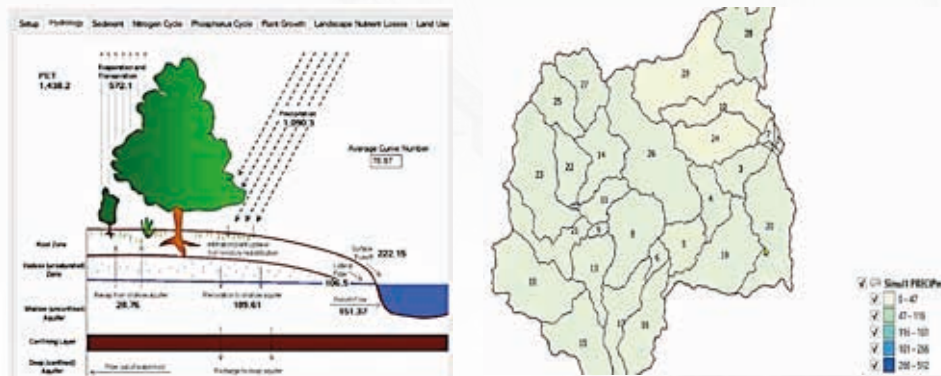


Figura 4
Resultado en gráficos de la simulación hidrológica



Fuente: Elaboración propia

AJUSTE DE LOS PARÁMETROS MÁS SENSIBLES DEL MODELO

Observando las sugerencias hechas en el manual del usuario del SWAT, los parámetros más sensibles que afectan significativamente los valores del modelo para el resultado de agua.

Figura 5
Parámetros más sensibles del modelo hidrológico SWAT

Parámetro a modificar	Significado	Archivo de entrada
CN2	Curva numérica	.mgt
SOL_AWC	Capacidad de agua disponible en el suelo	.sol
ESCO	Factor de compensación de la evaporación en el suelo	.hru
GW_REVAP	Coefficiente de agua subterránea	.gw
GWQMN	Profundidad del umbral de agua en el acuífero superficial	.gw

Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON DATOS ESTADÍSTICOS

Para conocer la eficiencia en los resultados arrojados por el modelo SWAT, se realiza el análisis con la bondad de ajuste entre los valores medidos y simulados a través de la determinación del coeficiente de eficiencia Nash-Sutcliffe, este Indicador de Eficiencia NSE (por sus siglas en inglés, Nash-Sutcliffe Efficiency), se puede calcular con la siguientes expresión:

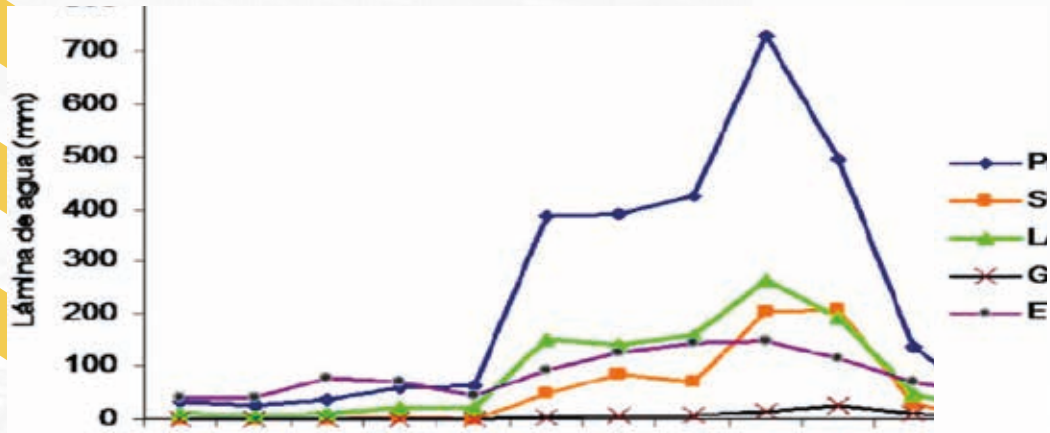
$$NSE = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n (O_j - S_j)^2}{\sum_{j=1}^n (O_j - \bar{O}_j)^2}$$

Dónde:
 Y ó S_j = valor simulado
 X u O_j = valor observado o medido
 X_m u O_j = valor promedio de los valores observados

APLICACIÓN DE PRUEBAS ESTADÍSTICOS

Se realiza la aplicación de pruebas estadísticas con el coeficiente nash sutcliffe, varianza, coeficiente de variación y el error medio absoluto.

GRÁFICO BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA



En esta gráfica, se observa que durante los meses de mayo a noviembre, la evapotranspiración actual se presenta en mayor escala, debido al desarrollo vegetativo de los cultivos, mientras que en la época de sequía (junio a agosto), la evapotranspiración excede a la precipitación, y se asume que se debe a una mayor evaporación de agua contenida en el suelo.

RESUMEN DE LAS VARIABLES SIMULADAS POR EL MODELO SWAT

AÑO	PREC (mm)	SURQ (mm)	LATQ (mm)	GWQ (mm)	ET (mm)
.....	1002.96	228.73	390.53	33.9	325.38
.....	1122.22	339.81	396.18	32.1	354.53
.....	695.79	93.81	264.06	12.3	337.44
TOTAL	2820.97	662.35	1050.8	78.3	1017.35

Significado de las literales

PREC.- Precipitación (mm).

SURQ.- Escorrentía superficial (mm).

LATQ.- Escorrentía lateral ó subsuperficial (mm).

GWQ.- Descarga de agua subterránea (mm).

ET.- Evapotranspiración actual (mm).

Debido a que la producción de agua considera únicamente las variables SURQ,LATQ y GWQ, según la ecuación no se contempló la percolación en este resumen.

CONCLUSIONES

En el presente artículo se hace conocer el modelo SWAT y su capacidad de análisis a partir de datos hidroclimáticos que simulan un generador climático, y al mismo tiempo entender cuál la importancia de este método para la adquisición de información del comportamiento hidrológico de las cuencas a través de una simulación, mismas que apoyaran para proyectos y programas en G.I.R.H. – M.I.C, que es muy importante para la sobre vivencia de los recursos naturales.

De igual forma los resultados obtenidos en gráficos y tablas, nos permite entender un comportamiento hidrológico de una cuenca en estudio, durante un periodo de retorno que uno desee determinar y analizar correctamente a través de una lectura en la interpretación de todos los datos realizados para la simulación hidrológica.

Se logra resultados importantes del comportamiento hidrológicos de la cuenca a través de información valiosa que arroja el modelo SWAT, comparadas con datos estadísticos y simulados, mismas que coadyuvan en el cálculo de caudales de escurrimiento y el comportamiento de una cuenca a través resultados realmente expectables, datos que son verificados y validados de acuerdo al Coeficiente de Determinación, Nash Sutcliffe.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, A. D. (2005). Estudio de Respuesta Hidrodinamica simulada el Acuífero del Valle de Cambay. Agrocienza, 247-258.

Bermudez, O. Z. (2010). Aplicabilidad del Modelo Hidrologico SWAT en Cuencas con Características Extremas. 568.

Mariann José Espinoza Acuña, C. R. (2022). Aplicación del Modelo Hidrologico SWAT en Unidades Hidrográficas de Nicaragua. 24-29.

Van Liew, M. W. (2005). Problems and Potential of autocalibrating a hydrologic model. Transactions of the ASAE. American Society of Agricultural Ebgneers ISSN 0001-2351. Vol.48(3):1025-1040. American Society of Agricultural Ebgneers ISSN 0001-2351. Vol.48(3):1025-1040.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ESPACIAL PARA DETERMINAR INCENDIOS APLICANDO TELEDETECCIÓN E ÍNDICE NBR PERIODO 2017-2022 EN EL MUNICIPIO DE CULPINA

Lic. Adriana Campos Leytón
LICENCIADA EN GEODESIA Y TOPOGRAFÍA

RESUMEN

En Bolivia existe pocos estudios sobre las áreas afectadas por incendios, lo que deriva en una falta de información desventajosa en la prevención de desastres y en la toma de decisiones sobre dichos terrenos. Se estudiaron las zonas afectadas por incendios en el municipio de Culpina aplicando el índice de quema normalizado y la severidad del incendio. Se procesó y calculó el área afectada y se observó que un área de 27,1410 km² presenta severidad moderada alta y baja para el año 2022, existiendo una tendencia al aumento de las áreas afectadas desde el año 2019, denotando que la zona donde los incendios inciden anualmente es en la comunidad El Palmar Centro, suelo de uso forestal.

INTRODUCCIÓN

Los incendios representan una problemática de vital importancia debido al grado de afectación que tienen en la modificación de los factores, tanto humanos como ambientales. En el municipio de Culpina los incendios están considerados dentro de las amenazas, por lo que la aplicación de tecnologías de información geográfica proporcionará posibilidades nuevas de obtener y gestionar información espacial, para así aportar a una mejor toma de decisiones sobre este territorio.

PROCESAMIENTO Y GENERACIÓN DE NBR Y dNBR

El procedimiento, una vez delimitada el área de estudio, radica en la aplicación de la combinación de bandas de imágenes satelitales Sentinel 2 obtenidas de la plataforma Copernicus Data Space Ecosystem, con el software ArcGIS.

La obtención del índice normalizado de quema (NBR) consiste en calcular el cociente de la diferencia entre la banda 8 y la banda 12, para dos momentos temporales previo y posterior al incendio, asimismo el método utilizado para el cálculo de la severidad de incendio (dNBR), se realiza aplicando la fórmula siguiente:

$$dNBR \text{ o } \Delta NBR = \text{PrefireNBR} - \text{PostfireNBR}$$

Aplicando la herramienta Raster Calculator, primero se generó el índice NBR y posteriormente se calculó la severidad, pasos que se repitieron para el periodo de tiempo determinado.

Figura 1. Aplicación de la herramienta raster calculator para calcular el índice NBR

Figura 2. Aplicación de la herramienta classification y clasificación en etiquetas



Obtenida la severidad de incendio, se procedió a la clasificación manual de los índices de severidad de quema, conforme a los parámetros establecidos por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), con las herramientas classification and clasificación en etiquetas.

Analizando los datos obtenidos se observó que el grado de afectación de cicatrices de incendio en la zona de estudio, corresponde particularmente a dos clasificaciones, gravedad moderada alta y gravedad moderada baja, por lo cual se realizó una reclasificación para cada dNBR anual del período de tiempo utilizando la herramienta Reclassify y posteriormente se procedió a realizar la obtención de las áreas para las clasificaciones con mayor extensión, utilizando la herramienta Raster to Polygon.

RESULTADOS

En total se obtuvieron 12 índices NBR, de los cuales 6 pertenecen a la época previa al incendio y los 6 restantes son de la época posterior al incendio. Se observó que los valores mínimos en el periodo de tiempo estudiado, pertenecen al año 2017, donde la reflectancia llega a -0.5491. En contraste el valor de reflectancia mayor pertenece al año 2019 donde se alcanzó a 0.997358, por lo que se puede considerar que existió vegetación saludable.

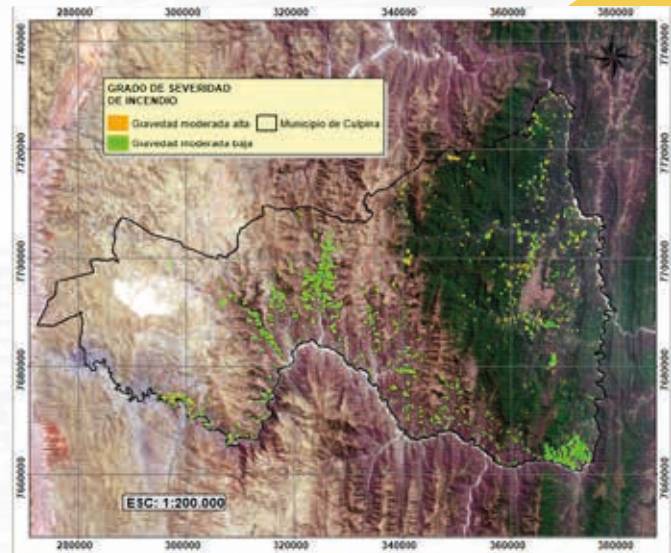
Tabla 1. Tabulación de resultados

AÑO	NBR				Incendio	
	Previo al incendio		Posterior al incendio		Moderada Baja (km ²)	Moderada Alta (km ²)
	Vegetación Saludable (High)	Área quemada (Low)	Vegetación Saludable (High)	Área quemada (Low)		
2017	0,77573	-0,549185	0,812766	-0,704327	6,0642	21,0768
2018	0,943005	-0,73747	0,943005	-0,763516	11,8143	2,0685
2019	0,997358	-0,992095	0,608764	-0,763516	4,3837	1,1873
2020	0,586214	-0,772755	0,543696	-0,709273	8,5916	0,5666
2021	0,657099	-0,575429	0,657099	-0,575429	4,1953	1,0342

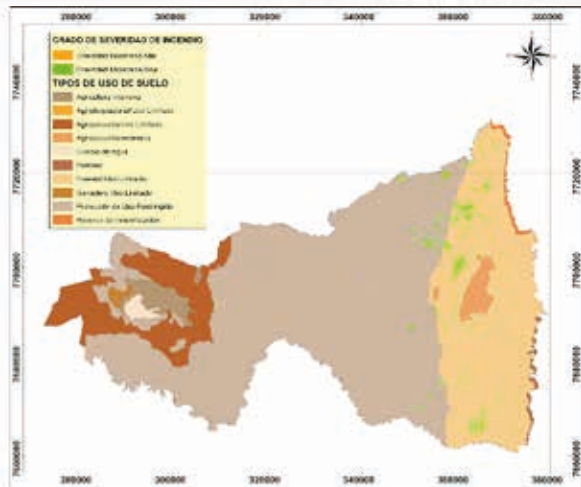
Analizando la severidad del fuego se observó que las zonas donde el grado de severidad es mayor, son cercanas al distrito El Palmar y El Vallesito. Existe una tendencia de disminución desde el año 2017, sin embargo, a partir del año 2019 se evidencia un aumento nuevamente desde 5,5710 km² que se extiende notablemente el año 2022 con 25,4511 km².

En consecuencia, la incidencia de incendios durante los años 2017-2022 en la zona de estudio tiene distintas características a resaltar, como ser el tipo de vegetación, uso de suelo, la proximidad de las comunidades y las ecorregiones a las que pertenece.

Mapa 1. Mapa de severidad de incendio moderada alta y baja del municipio de Culpina año 2018



Mapa 2. Mapa de uso de suelos y severidad de incendio del municipio de Culpina



De acuerdo al Mapa de severidad de incendios y uso de suelo, los incendios registrados fueron en su mayoría en terreno que corresponde a la clasificación de uso forestal limitado, con una menor cantidad en terreno de protección de uso restringido.

CONCLUSIONES

Las áreas quemadas durante el periodo 2017-2022 se hallan en su mayoría en la zona de El Palmar Centro y las comunidades Naranjitos, Manzanal y Orocote, cuyo uso de suelo es Forestal Uso Limitado y en un área menor de Protección de Uso Restringido; así mismo según el Mapa de Ecorregiones la zona pertenece en su mayoría al bosque seco tucumano. Debido a que la especie prominente en la zona mencionada es arbórea los incendios se propagan con facilidad.

En cuanto al índice NBR, el NBR previo al incendio, llegó a su máximo valor en el año 2019 con una reflectancia de -0,992095, en contraste el valor mínimo pertenece al año 2017 con un valor de -0,549185. Así mismo, el NBR posterior al incendio registró un máximo de -0,763516 en 2018 y 2019, y una reflectancia mínima de -0,575429 en 2021.

La zona de estudio presenta en su mayoría índices de severidad de incendio de gravedad moderada alta (0.44-0.66) y moderada baja (0.27-0.44), abarcando un área total de 28,7482 km² y 57,6853 km² respectivamente durante el periodo de tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

E. Andersen, L. (2019). Deforestación e incendios forestales en Bolivia.

Fernandez-manso, A., & Quintano, C. (2017). Utilización de las imágenes Sentinel-2 para cartografía de área quemada.

Índice Normalizado de Área Quemada (NBR) | UN-SPIDER Knowledge Portal. (s. f.).

Keeley, J. E. (2009). Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*,



TELEDETECCIÓN MEDIANTE USO DE GOOGLE EARTH ENGINE PARA MONITOREO DE CONTAMINACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO PILCOMAYO EN EL MUNICIPIO DE VILLA MONTES DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA COMO APORTE AMBIENTAL

Lic. Marco Antonio Enríquez Oña
TÉCNICO SUPERIOR EN TOPOGRAFÍA
LICENCIADO EN GEODESIA Y TOPOGRAFÍA

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo principal abordar el problema de la contaminación en la cuenca del río Pilcomayo, en la región del Municipio de Villa Montes, departamento de Tarija, Bolivia, en los Distritos 1, 2, 3 y 4, por medio de la teledetección mediante el uso de Google Earth Engine para un monitoreo ambiental efectivo y que el mismo ayude al desarrollo de una buena gestión ambiental.

En esta investigación se ha demostrado que la aplicación de la teledetección y Google Earth Engine, mejora significativamente el monitoreo de la contaminación en la cuenca del río Pilcomayo, de esa forma se sientan las bases para futuras investigaciones y aplicaciones en el ámbito del monitoreo ambiental y la gestión sostenible de recursos hídricos.

INTRODUCCION

La parte de la cuenca del río Pilcomayo situada en el Municipio de Villa Montes, enfrenta un desafiante problema de contaminación que amenaza su delicado equilibrio ambiental y la calidad de vida de las comunidades locales. La necesidad de proteger este valioso ecosistema y promover una buena gestión ambiental se vuelve urgente. En respuesta a esta problemática, el presente artículo propone el uso de la teledetección mediante Google Earth Engine como una herramienta innovadora y efectiva para el monitoreo de la contaminación. Con esta propuesta, se busca proporcionar información actualizada y precisa que permita una toma de decisiones informada y respalde acciones concretas hacia la conservación de la cuenca del río Pilcomayo y la promoción de un futuro más sostenible para las generaciones venideras.

El enfoque principal del artículo se centra en la utilización de la teledetección mediante Google Earth Engine para obtener datos geoespaciales relevantes, analizar la calidad del agua y detectar signos de contaminación. Se incluyen las siguientes actividades: Recopilación y procesamiento de imágenes satelitales para evaluar la turbidez del agua, la presencia de clorofila y materia orgánica disuelta, elaboración de mapas de contaminación para determinar la distribución espacial de la contaminación en la cuenca del río Pilcomayo; análisis temporal de los datos para identificar patrones estacionales de contaminación y tendencias a lo largo de la gestión 2022, que afecta a los Distritos 1, 2, 3 y 4.

ANTECEDENTES

Las cuencas hidrográficas cumplen una importante labor medioambiental y humana, dando suministro de agua dulce, regulando el flujo y la calidad del agua, protegiendo frente a peligros naturales como inundaciones y desprendimientos y permitiendo la conservación de la biodiversidad. Para el desarrollo humano también cumple importantes funciones como dar suministro de energía (como la energía hidroeléctrica) y formar parte de las actividades recreativas. (Valdivielso, 2015)

La cuenca del río Pilcomayo está contaminada con metales pesados que sobrepasan por mucho (hasta 190 veces) los parámetros internacionales máximos para garantizar la salud de la población. Se realizaron estudios entre abril de 2007 y agosto de 2022, donde se encontró que la cuenca del río Pilcomayo está altamente contaminado por distintas causas. (Mondaca, 2023)

El Municipio de Villa Montes, actualmente es uno de los más afectados por la contaminación de la Cuenca del Río Pilcomayo, se declararon en estado de emergencia, debido al colapso del dique; informes preliminares brindados por la Gobernación de Tarija, dan cuenta de la presencia de minerales como plata, cobre, cadmio y plomo, además de nitrógeno y nitrito. (El País, 2022)

La teledetección como herramienta de monitorización de los cambios de la superficie terrestre a lo largo de una secuencia temporal y teniendo en cuenta la facilidad y accesibilidad que hay actualmente para disponer de imágenes satelitales de calidad, se la puede usar para el control de calidad de agua de cualquier sector. (Mas, 2017)

GOOGLE EARTH ENGINE

Google Earth Engine (GEE) es una plataforma desarrollada por Google que revoluciona la forma en que se accede y se procesa la información geoespacial para aplicaciones ambientales. Esta plataforma ha ganado importancia en la comunidad científica debido a su capacidad para gestionar grandes volúmenes de datos de imágenes satelitales de forma eficiente y proporcionar herramientas de análisis avanzado, todo eso, mediante la programación de códigos con el uso de lenguaje de computadora como JavaScript. Se conoce a la generación de estos códigos como "Scripts".

Una de las características más notables de Google Earth Engine es su acceso global a un vasto archivo de imágenes satelitales de diferentes fuentes, incluyendo la NASA y la Agencia Espacial Europea (ESA). Esto proporciona una cobertura global que es fundamental para el monitoreo ambiental a escala regional y local.

Google Earth Engine ofrece una potente capacidad de procesamiento en la nube, lo que permite el análisis de grandes conjuntos de datos geoespaciales de manera eficiente. Utiliza recursos informáticos distribuidos para acelerar el procesamiento de imágenes, lo que es esencial para tareas de teledetección a gran escala.

La plataforma también incluye una amplia biblioteca de algoritmos de teledetección y análisis, lo que facilita la aplicación de técnicas de procesamiento y extracción de información. (Gorelick et al., 2017)

En esta plataforma se puede disponer de información de diferentes satélites, lo cual es conveniente para diferentes tipos de trabajos. Para esta investigación, se optó por usar las imágenes satelitales de la misión Sentinel- 2, ya que cuenta con bandas que son necesarias para detectar los diferentes tipos de contaminación en cuerpos de agua. La combinación de estas bandas, proporciona la visibilidad de objetos específicos, y con ello se puede calcular su área alrededor de diferentes fechas, estas combinaciones reciben el nombre de "Índices Espectrales".

En este artículo se muestra la detección de 3 índices espectrales que son:

ÍNDICE DIFERENCIAL DE AGUA NORMALIZADO (NDWI)

El Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI) se utiliza para el análisis de masas de agua. El índice utiliza bandas verdes y casi infrarrojas de imágenes de teledetección. El NDWI puede mejorar la información sobre el agua de manera eficiente en la mayoría de los casos. Es sensible a la acumulación de tierra y resulta en la sobreestimación de los cuerpos de agua. (Bahadur, 2018)

Este índice ayuda a detectar la turbidez en el agua. Su fórmula en la combinación de bandas es:

$$NDWI = (B3 - B8) / (B3 + B8)$$

ÍNDICE DE CLOROFILA (CI)

En la teledetección, el Índice de Clorofila se utiliza para estimar el contenido de clorofila en las hojas de diversas especies de plantas. El contenido de clorofila refleja el estado fisiológico de la vegetación; disminuye en las plantas estresadas y, por lo tanto, puede utilizarse como medida de la salud de las plantas. (EOS, 2019)

Este índice ayuda a detectar la presencia de algas, moho u otro tipo de vegetación que pueda estar presente en el agua. Su fórmula en la combinación de bandas es:

$$CI = (B8 - B3) / (B8 + B3)$$

MATERIA ORGÁNICA DISUELTA COLORADA (CDOM)

El CDOM (Color Dissolved Organic Matter o Materia Orgánica Disuelta Colorada), se refiere a la materia orgánica disuelta en el agua que puede absorber y reflejar la luz visible y ultravioleta, lo que le da un color característico al agua. Esta materia orgánica disuelta consiste en compuestos orgánicos, como ácidos húmicos, lignina y otros materiales orgánicos disueltos en el agua. El CDOM puede provenir de diversas fuentes, incluyendo la descomposición de materiales vegetales y la liberación de compuestos orgánicos por parte de microorganismos.

El CDOM juega un papel importante en la calidad del agua y en los procesos biogeoquímicos de los ecosistemas acuáticos. La detección y cuantificación del CDOM es esencial en la monitorización de la calidad del agua y en la evaluación de procesos ecológicos y de contaminación en cuerpos de agua. (Siegel, 1998)

Su fórmula en la combinación de bandas es:

$$CDOM = (B4/B8)-1$$

GENERACIÓN DE SCRIPTS

En la generación de los Scripts, primeramente, se delimita el área de estudio, en este caso la parte del Río Pilcomayo, que pasa por los distritos 1, 2, 3 y 4 del Municipio de Villa Montes.



Figura 1 Delimitación de la zona de estudio
Fuente: Propia

Después se selecciona, las imágenes del satélite Sentinel-2, posteriormente se introduce la fórmula del índice espectral, (en esta investigación se busca obtener 3 índices espectrales, en consecuencia, se generaron 3 Scripts, todos con el mismo procedimiento, con la única diferencia de que cada Script tenía diferente fórmula para cada índice espectral). Ya que la información durante la gestión 2022 es muy amplia, se calculan promedios mensuales para cada índice espectral, se introduce una gama de colores para poder tener una buena visualización de la contaminación en el agua, según cada Script, donde se opta por el color azul para mostrar la inexistencia de contaminantes, y el color rojo para mostrar una alta existencia de contaminantes, todos estos en cuerpos de agua, la gama de colores que existe entre azul y rojo, muestran niveles intermedios de existencia de contaminación, colores como el cian y el amarillo.



Figura 2 Visualización del nivel de contaminación
Fuente: Propia

En el Script, también se introducen comandos para poder determinar las áreas con mayor y menor contaminación, ver su comportamiento mensual a través de la gestión 2022 mediante tablas y descargar esa información en formato "csv", también se introduce un comando para poder descargar el producto en formato "tiff" y poder procesarlo en programas como ArcMap

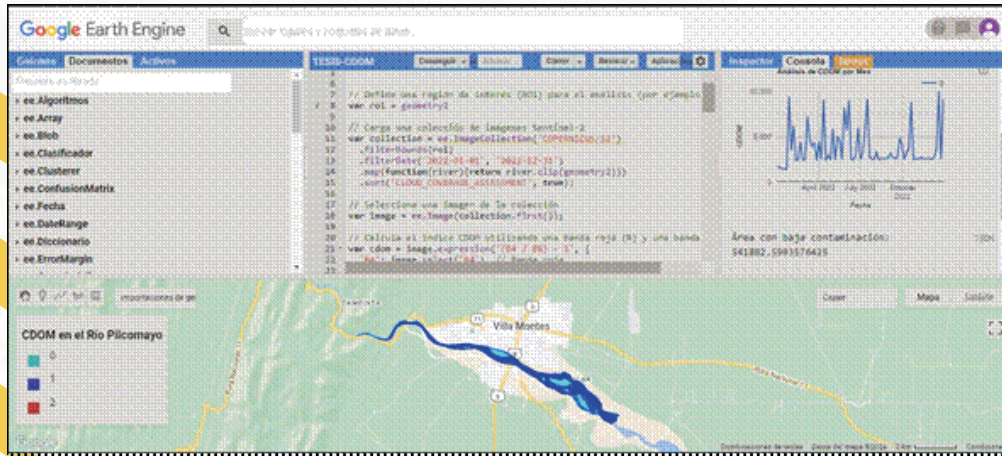


Figura 3: Scripts y sus resultados en Google Earth Engine
Fuente: Propia

Área con baja contaminación:
541882.5993576425

Área con contaminación media:
4969898.181958958

Área con alta contaminación:
52985.79718897283

Figura 4: Resultado de áreas
Fuente: Propia

ÁREAS DE MATERIA ORGÁNICA POR MES SEGÚN SU NIVEL DE CDOM			
Mes	Área con baja materia orgánica (m²)	Área con media materia orgánica (m²)	Área con alta materia orgánica (m²)
Enero	620404.6275	4900107.521	44191.28569
Febrero	0	5379973.115	184730.3197
Marzo	519224.3812	5043144.481	2334.572679
Abril	504349.4498	4979556.819	80797.16592
Mayo	377886.8609	3668126.616	1518689.957
Junio	0	5462092.904	102610.5305
Julio	181727.6344	3836696.394	1546279.406
Agosto	36904.6457	4110041.666	1417757.122
Septiembre	0	4420767.111	1143936.323
Octubre	44479.12735	4135423.498	1384800.809
Noviembre	75778.36181	4319950.734	1168974.338
Diciembre	9664.097293	5128140.737	426898.6007

Figura 5: Tabla de áreas de baja, media y alta contaminación
Fuente: Propia

En la figura 4 tenemos los resultados de las áreas que proporciona la plataforma de GEE, se recaba la información de todos los meses y se acomoda en una tabla general de Excel como se observa en la figura 5.

Estas áreas ayudan a identificar la superficie con diferentes niveles de contaminación en la zona de estudio, esto proporciona una idea del comportamiento mensual durante la gestión 2022, y esa información sirve para la toma de decisiones de las autoridades correspondientes. Este proceso se repite con cada uno de los índices espectrales.

ENERO



DICIEMBRE



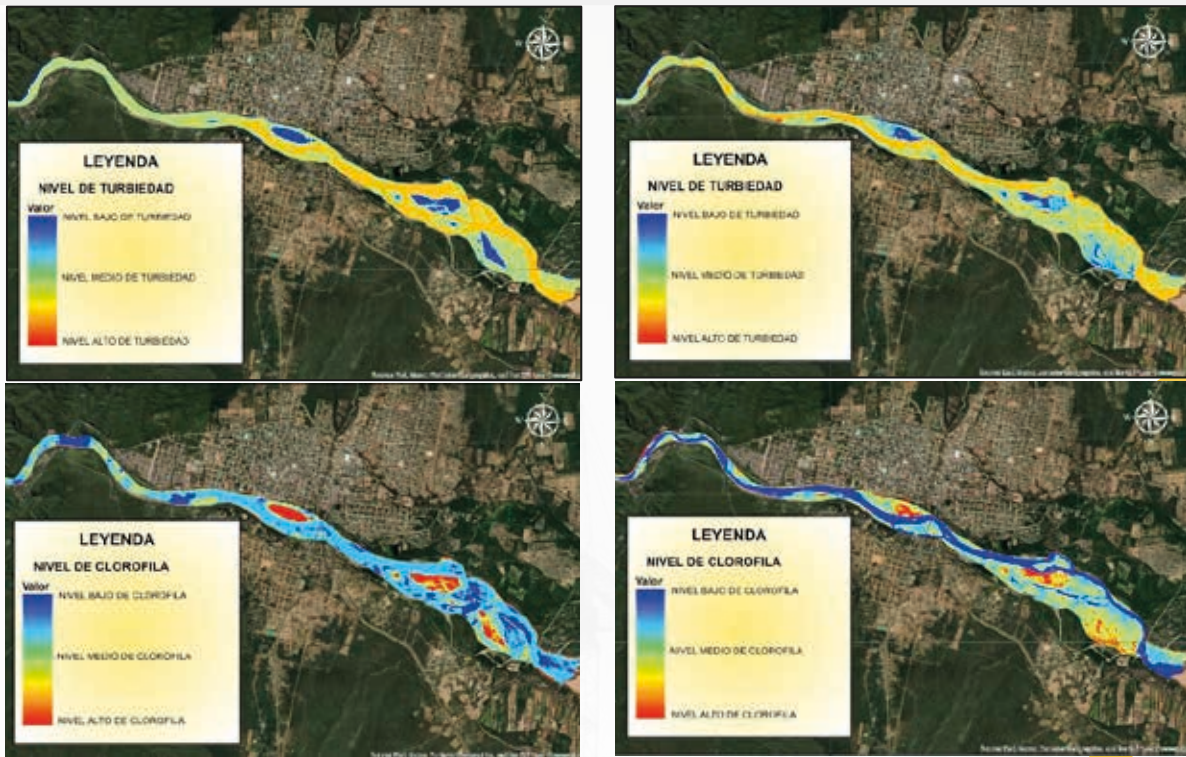


Figura 6: Mapas de los diferentes índices espectrales, en los meses de enero y diciembre Fuente: Propia

Todas las imágenes se descargan y procesan, dando un total de 36 mapas, 12 de cada índice espectral, haciendo referencia a cada mes de la gestión 2022, en estos mapas se puede apreciar el comportamiento que ha tenido cada índice espectral a través del año, habiendo meses donde la contaminación es más abundante, esto debido a factores como la alta precipitación en ciertos meses. Estas imágenes, también ayudan a identificar lugares específicos por donde se concentra mayor contaminación, esta información puede ser validada a través de visitas a estos lugares y poder indagar qué es lo que está pasando, y poder proponer una solución.

Al final los valores promediados de los índices espectrales son trasladados a una tabla, para poder tener una mejor apreciación de sus valores en cada mes de la gestión 2022.

PROMEDIO MENSUAL DE LOS VALORES DE LOS ÍNDICES ESPECTRALES					
CDOM		NDWI		CI	
ENE	-0.217	ENE	-0.269	ENE	-0.161
FEB	-0.148	FEB	-0.175	FEB	-0.134
MAR	-0.087	MAR	-0.155	MAR	-0.061
ABR	-0.108	ABR	-0.160	ABR	-0.179
MAY	-0.025	MAY	-0.105	MAY	-0.117
JUN	-0.026	JUN	-0.096	JUN	-0.050
JUL	-0.098	JUL	-0.106	JUL	0.107
AGO	-0.230	AGO	-0.127	AGO	0.127
SEP	-0.167	SEP	-0.112	SEP	0.112
OCT	-0.114	OCT	-0.119	OCT	0.120
NOV	-0.246	NOV	-0.162	NOV	0.167
DIC	0.006	DIC	-0.107	DIC	0.111

Figura 7: Tabla de promedio mensual de los valores de los índices espectrales Fuente: Propia

CONCLUSIONES

En el presente artículo se utilizaron 12 series mensuales de la gestión 2022, para cada índice espectral, los índices espectrales utilizados son: INDICE DE CLOROFILA, INDICE DE TURBIDEZ E INDICE DE MATERIA ORGANICA DISUELTA.

La validación de estos índices espectrales, se realizó a través de datos de laboratorio, proporcionados por la organización Trinacional, la cual es encargada del monitoreo del agua del Río Pilcomayo. En la comparación de estos datos se obtuvo una similitud en el comportamiento de contaminación, comparando con cada índice espectral, dando una validez a los datos obtenidos, sin tomar en cuenta el índice de Clorofila, ya que no se encontró un dato de laboratorio que brinde esa información.

Los datos que llega a recolectar la Trinacional, son solamente de 3 días durante la gestión 2022, mientras los datos obtenidos con los Scripts mediante Google Earth Engine son datos promedios de cada mes de ese año, brindando una mayor cobertura temporal.

Los datos de laboratorio incluyen muchos más detalles y aspectos a tomar en cuenta al momento de monitorear el Río Pilcomayo, pero ese proceso también conlleva un gran gasto económico. Lo propuesto en este artículo es una brecha para poder seguir investigando y a futuro poder detectar más detalles y elementos que son relevantes en el monitoreo de contaminación en cuerpos de agua, ya se pudo obtener y validar 2 elementos, es un primer paso a seguir desarrollando una amplia y muy útil herramienta.

REFERENCIAS

Azzouzi, S. A. (2019). Técnicas de detección de cambios mediante teledetección para el desarrollo sostenible y la desertificación [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València]. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/117994>

Chuvieco, E. (2019). Teledetección Ambiental—Environmental Remote Sensing. Universidad de Alcalá de Henares. <https://www.uah.es/es/investigacion/unidadesde-investigacion/grupos-de-investigacion/Teledeteccion-Ambiental-EnvironmentalRemote-Sensing/www.uah.es>

Franzpc. (2019, octubre 30). Lista de índices espectrales en Sentinel 2 y Landsat. El blog de franz. <https://acolita.com/lista-de-indices-espectrales-en-sentinel-2-ylandsat/>

Lawson, J., & Mistry, P. (2017, julio 13). ¿Cómo examinar la calidad del agua? <https://blogs.worldbank.org/es/voices/como-examinar-la-calidad-del-agua>

Pilcomayo.net. (2017). Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca del Río

Pilcomayo | Hidrología. Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo | Hidrología. <https://www.pilcomayo.net/www.pilcomayo.net>