

Universidad mayor, real y pontificia
de san Francisco Xavier de chuquisaca

Nº 20

Revista **TÉCNICA** de la construcción



CARRETERA DOBLE VÍA SUCRE - YAMPARAEZ

Facultad Técnica Construcción Civil


- Artículos técnicos y académicos
- Precios de materiales
- Precios Unitarios
- Guía de proveedores

COSTO 25 BS. SUCRE - BOLIVIA
2 - 2023




CONSTRUCTORA PORCEL

SOMOS EXPERTOS EN CONSTRUCCION, DISEÑO Y ARQUITECTURA,
OFRECEMOS SERVICIOS DE SUPERVISION Y DIRECCION DE OBRAS,
MEDIANTE EL SISTEMA DE GESTION IENN - BIM Y VDC.

 72886510

 porcelnelson32@gmail.com

 SUCRE/Calle Argentina #23

 SANTA CRUZ/Av. La Salle, Calle Moises Terrazas

 facebook.com/constructoraporcel

VISIÓN Y MISIÓN DE LA CARRERA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL

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.

STAFF

DIRECTOR DE LAS CARRERAS DE CONSTRUCCION CIVIL, TOPOGRAFIA Y GEODESIA

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

Puma Leon Rodrigo

Puma Leon Víctor

Soria Rosales Julieta

Olguin Mendoza Alan Klaus

Abido Baspineiro Maycol

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

DISENO GRAFICO Y DIAGRAMACIÓN:

Imprenta "Pleno Impreciones"

Cel: 77261714

Calle Riverilla N° 351

Zona Santa Barbara

Mail: joge.condori2804@gmail.com

SUMARIO

METODOLOGÍA DE CORRECCIÓN RADIOMÉTRICA Y ATMOSFÉRICA APLICADA A IMÁGENES SATELITALES LANDSAT - 8 OLI EN EL SOFTWARE ENVI 5.

Ing. Antonio Humberto Escalante Calvo.

11

LAS FALLAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS EN LA CIUDAD DE SUCRE

Ing. Juan Pablo Beller Delgadillo

15

ANÁLISIS DEL USO DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSOS PARA EL EDIFICIO ROLES DE LA CIUDAD DE SUCRE

Ing. Ronald Fernando Gonzales Soto

21

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN CIENCIAS AGRARIAS - VILLA CARMEN, CIICA - VC USFX

Ing. Choquevillca Yupari Nelson

28

LIMITES TERRITORIALES, REGIONALES DEL DEPARTAMENTO DE CHUQUISACA Y SUS MUNICIPIOS

Lic. Emilio Saigua Sarsudes

31

APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA CONSTRUCCIÓN

M. Sc. Ing. Luis Alberto Cabrera Serrudo

35

ANALISIS Y PRESIOS

**INDICE
ANALISIS DE COSTOS POR ACTIVIDADES**

49

**LISTA DE PRECIOS
DE MATERIALES**

57

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

69



PRESENTACIÓN

La Dirección de Carrera 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 DE LA CONSTRUCCIÓN" en su Versión XX; la cual es producto de las actividades de Extensión del Proceso de Enseñanza – Aprendizaje que realizan los estudiantes 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.

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, por el gran aporte realizado a la sociedad y la comunidad universitaria en particular, 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 de San Francisco Xavier de Chuquisaca, por su valiosa contribución académica plasmada en los diferentes artículos, 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



PROLOGO

En diez años transcurridos hasta hoy interrumpidos por la pandemia que azoto al mundo entero, ha cobrado fuerza en nuestra unidad académica la edición de nuestra revista técnica tomando en cuenta los trabajos de investigación que son la fuente de la motivación profesional, que se sustentan en un enfoque teórico práctico

Sin embargo, la complejidad del problema que se aborda no ha permitido aun arribar a conclusiones acabadas, acerca de la explicación de los mecanismos pedagógicos que determinan la calidad educativa y su efectividad en la regulación de la actividad profesional

En esta nuestra revista sometemos a consideración de los lectores una alternativa que pretende explicar la calidad profesional a partir dl estudio de sus diferentes niveles de integración funcional en el contexto educacional

Constituyen, por tanto, propósitos de esta revista técnica en primer lugar, demostrar por qué la calidad educativa se expresa en la existencia de intereses profesionales en segundo lugar fundamentar la necesidad de concebir la orientación profesional con un enfoque personal si pretendemos realizar una educación profesional efectiva

La revista técnica consta, principalmente, de artículos de investigación de Docentes y alumnos de nuestra unidad académica como así mismo contempla el análisis de precios unitarios imprescindible para el que hacer en la construcción del profesional técnico tomando en cuenta el costo y tiempo d ejecución de proyectos de Ingeniería, también consideramos pertinente contar con una guía de precios de los distintos materiales y el respectivo listado de proveedores locales

Esperamos que la lectura de esta revista despierte el interés en profundizar en el estudio de los problemas de la dirección de obras infraestructurales si esto ocurre nos sentiremos muy satisfechos.

AUTORES DE LA FACULTAD TÉCNICA



Ing. Escalante Calvo
Antonio Humberto



Ing. Beller Delgadillo
Juan Pablo



Msc. Ing. Gonzales Soto
Ronald Fernando



Lic. Choquevilca Yupari
Nelson



Lic. Saigua Sarsudes
Emilio



M. Sc. Ing. Cabrera Serrudo
Luis Alberto

DIRECTIVA: 1- 2023



Choque Pelaez
Anabel Rosario



Daza Alvarez
Fidel



Cruz Mamani
Maria Isabel



Quispe Vedia
Grover



Vargas Céspedes
Alejandra Isabel



Erazo Choque
Bryan David



Ayaviri García
Paola Angelica

AGRADECIMIENTOS

Todos los momentos vividos dentro de la universidad, son oportunidades que tenemos gracias al esfuerzo de nuestros padres con la ayuda de Dios, para así podamos prepararnos en aquello que tanto deseamos y con esfuerzo y dedicación cumpliremos.

En nuestro diario vivir podemos comprender que toda buena acción tiene una buena recompensa. Y nos enorgullece decir que con el esfuerzo de estudiantes como de docentes se pudo realizar la revista técnica de la construcción en su vigésima edición.

Queremos aprovechar estas líneas para agradecer a todos los docentes que nos apoyaron con la realización de sus artículos.

También queremos mostrar nuestros más sincero agradecimientos al ingeniero Julio E. Castro Azurduy, que sin su intervención no sería posible hoy en día este proyecto.

GRACIAS.

“con esfuerzo y perseverancia podrás alcanzar todas tus metas”



Abido Baspineiro
Maycol



Burgos Chungara
Rafael



Coro Lucas
Richard



Cruz Huanca
Florian



Cruz Mamaní
María Isabel



Esquivel González
Kevin



Flores Arancia
Yiye



Flores Zarate
Luis Ariel



Herrera villarroel
Royer



Ibarra Marcelo
Samuel



Jesús Orellana
Rodrigo



Julián Joan
Alexander



Laura flores
Richard



Mamaní Mayorga
Elvis



Montalvo Mamaní
Tommy



Montaño Chávez
Franklin



Olguin Mendoza
Alan Klaus



Padilla Gutiérrez
Isaac Abran



Puma León
Victor



Quispe Alaca
José Luis



Soria Rosales
Julieta



Taboada Mamaní
Javier



Tudela Díaz
Juan Jesús



Urquiza Palacios
Rodrigo



Valverde Gutiérrez Yerko
Jesús

UNIVERSITARIOS DE LA CARRERA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL



DIRECTIVA DE LA CARRERA DE CONSTRUCCION CIVIL



DOCENTES DE LA CARRERA DE CONSTRUCCION CIVIL





METODOLOGÍA DE CORRECCIÓN RADIOMÉTRICA Y ATMOSFÉRICA APLICADA A IMÁGENES SATELITALES LANDSAT – 8 OLI EN EL SOFTWARE ENVI 5.

**Autor: Ing. Antonio Humberto Escalante Calvo.
Octubre, 2023**

Introducción:

Según la ESA (European Space Agency) la teledetección es la manera mediante la cual se obtiene información acerca de diferentes objetos, tomando y analizando datos de los mismos, sin la necesidad de que los instrumentos de medición se encuentren en contacto directo con estos (ESA, 2009). Para esto, es preciso que entre los objetos y el sensor exista algún tipo de interacción, tal como, el flujo energético proveniente de la energía emitida por el propio sensor; o bien, la reflexión de la luz solar en la superficie terrestre. De esta forma, es posible adquirir información de la superficie u objetos por medio de reflexión- emisión o por emisión-reflexión.

En este sentido, el concepto de resolución radiométrica hace referencia al tipo de codificación que utiliza el sensor que se está empleando en el muestreo, mas no, proporcionará la cantidad de energía reflejada por la cubierta terrestre o porcentaje dependiente de la fuente de energía. La imagen es presentada en formato digital debido a que el sistema receptor realiza una conversión analógica-digital la cual se le denomina codificación. Esta codificación o rango de valores, define la cantidad de números digitales (ND) que el sensor puede asignarle en la fotografía a la radiación que captura. Por lo tanto, se entiende por corrección atmosférica y radiométrica los procesos que llevan a restablecer los valores de radiancias capturadas en una imagen, con el objetivo de ajustarlos a los valores reales que tendrían en condiciones óptimas y sin efecto atmosférico (Tristan, et al., 2008).

Actualmente existen diferentes métodos para realizar este tipo de correcciones, entre ellos encontramos el modelo físico de transferencia radiativa (LEDAPS, FLAASH) y el modelo de sustracción del objeto oscuro "Dark-Object Subtraction Method -DOS-" (Vlassova et al., 2015). FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) es un módulo avanzado de corrección atmosférica disponible en el software ENVI (ENVIRONMENT for Visualizing Images), el cual se basa en el algoritmo de transferencia de radiación MODTRAN4, desarrollado por Spectral Sciences Inc. (Kruse, 2004). Este módulo se basa inicialmente en la ecuación estándar de radiancia espectral para cada píxel del sensor (L), que se aplica al rango de longitud de onda solar (emisión termal es omitida) y superficies Lambertianas, planas o sus equivalentes (Castillo, 2012).

En cada caso, es importante reconocer cuál de ellos puede adaptarse mejor a una situación determinada, la cual dependerá de las plataformas de adquisición y del tipo de sensor utilizado.

Procedimiento para la Corrección Radiométrica y Reflectancia en el Software ENVI 5.3 de imágenes LANDSAT 8 OLI.

El programa LANDSAT es una serie de satélites construidos y desarrollados por la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés) en conjunto con el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) (USGS, 2013). Durante estas cuatro décadas el programa LANDSAT ha desplegado nueve satélites, el primero lanzado en el año de 1972 y uno de los más reciente lanzado en 2013 (LANDSAT 8). Para este caso se muestra la corrección atmosférica de imágenes LANDSAT 8 nivel 1T en formato GeoTIFF, con 30 metros de resolución espacial (multiespectral) y sistema de proyección UTM, Datum WGS84. La toma de

estas imágenes inició en 2013 por parte del programa LANDSAT 8, con instrumentos de barrido óptico "Operational Land Imager" (OLI) y un sensor térmico infrarrojo "Thermal Infrared Sensor" (TIRS).

Inicialmente, después de haber descargado y descomprimido la escena correspondiente a la Imagen LANDSAT 8 que queremos procesar, se debe realizar una modificación en el archivo de extensión `_MTL.txt`. Es recomendable utilizar el Software WordPad para realizar este paso. Proceder a abrir el archivo e identificar en la primera línea de código lo siguiente:

```
GROUP = LANDSAT_METADATA_FILE
```

Proceder a cambiar la palabra "LANDSAT" por el término "L1", tal como se ve a continuación y guardar el archivo

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
```

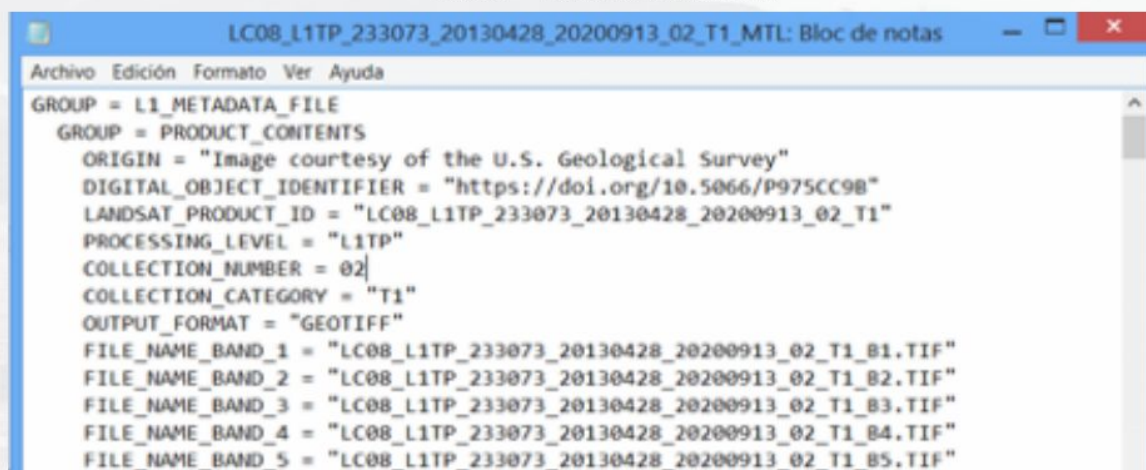


Fig. 1.3 Corrección de Archivo MTL

Seguidamente, ingresamos al Software ENVI 5.3 y abrimos la imagen satelital a procesar, desde el archivo modificado que contiene la extensión `_MTL.txt`, este corresponde al formato de imagen con metadatos disponible para Landsat 8, desde la opción:

File/Open As/Landsat/GeoTIFF with Metadata.

Una vez el software reconozca el archivo seleccionado, el primer paso para la corrección atmosférica, es la conversión a radiancia. Para esto se debe utilizar la herramienta Radiometric Calibration desde la siguiente ruta:

Toolbox/Radiometric Correction/ Radiometric Calibration

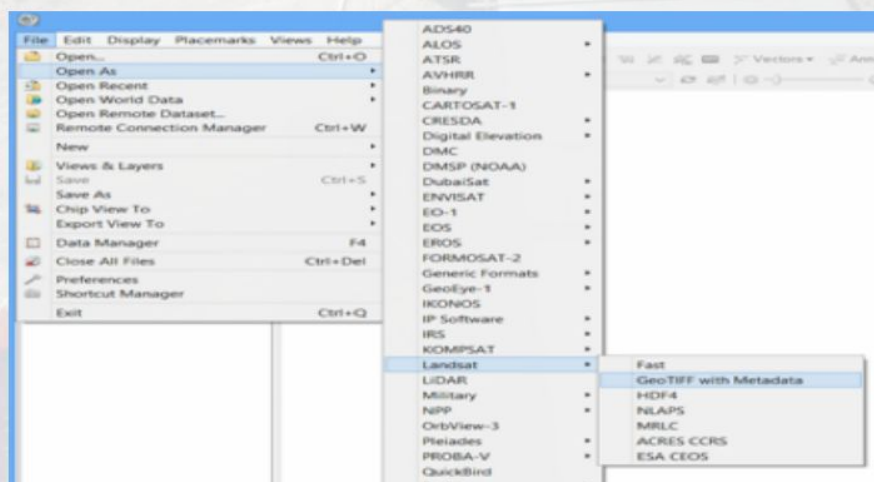


Fig. 1.4 Abrir el Archivo MTL desde ENVI 5.3

Una vez seleccionada la herramienta, se despliega el menú de selección de archivos de la imagen inicialmente dividida en 4 segmentos: Multiespectral (Bandas de la 1 - 7), banda Cirrus, banda Pancromática y Termal. De todas las opciones que se muestran se debe seleccionar la opción MultiSpectral y asignar los diferentes valores de calibración radiométrica, según se especifica a continuación:

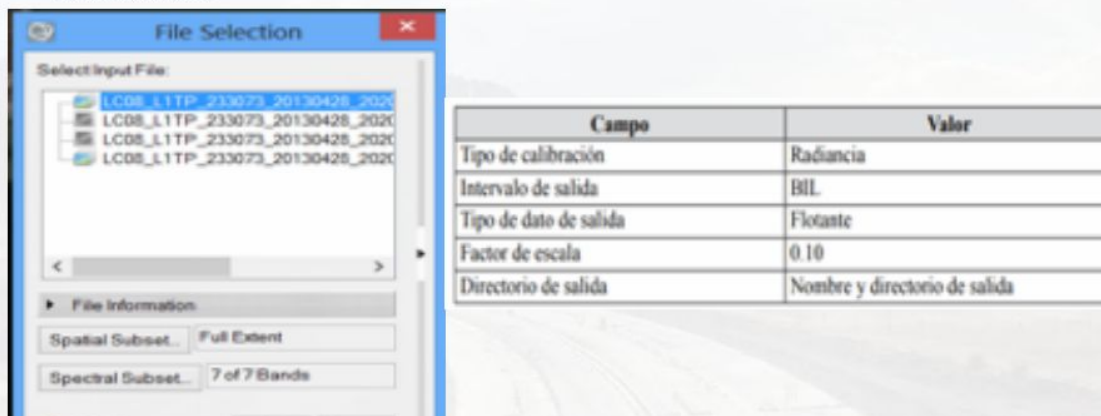


Fig. 1.5 Procedimiento desde la Herramienta Radiometric Calibration

Es posible aplicar la Opción Apply FLAASH Settings, para omitir el ingreso de datos de manera manual y que el archivo resultante se aplicable al paso siguiente.

Al finalizar se obtiene como resultado una imagen con el cambio de valores de Números Digitales a valores de radiancia, con un tipo de formato del archivo de salida es *.dat.

Como paso siguiente, se procede a realizar la Corrección Atmosférica de la imagen a través de la herramienta FLAASH. La ruta de acceso a la herramienta es la siguiente:

Toolbox/Radiometric Correction/ Atmospheric Correction Module/ FLAASH

Iniciada la herramienta, debemos ingresar el Archivo generado en el paso anterior con la extensión *.dat y seleccionar el factor de Escala para las bandas de 1.00. Asimismo, seleccionar los directorios y nombres de salida para los Archivos de Reflectancia, tal como se aprecia en la imagen 1.6:

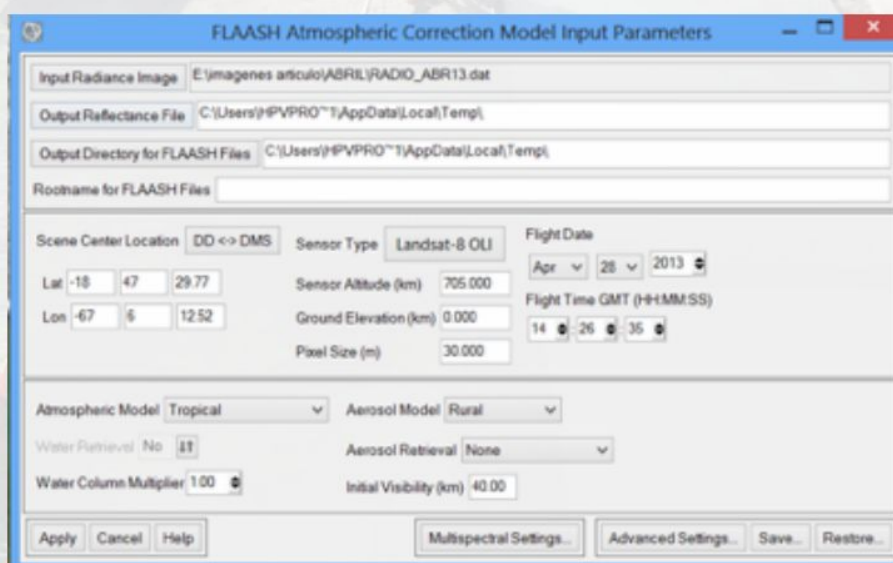


Fig. 1.6 Procedimiento desde la Herramienta FLAASH

Automáticamente se deben leer del archivo de la imagen los valores de Latitud (Lat.) y Longitud (Long). Respecto de los parámetros requeridos, en el tipo de sensor elegir la opción Multiespectral y Landsat -8 OLI, en altitud del sensor se debe poner 705 km y el tamaño de pixel se coloca automáticamente. De manera MANUAL, se debe establecer la Fecha del Vuelo en formato (Mes, Día y Año) y la toma de la imagen en formato (Hora, Minutos y Segundos). Asimismo, establecer la Opción de Aerosol Retrieval en NONE. Finalmente click en la opción Apply y esperar el proceso.

Concluido el tiempo de proceso, se obtiene el resultado de la escena calibrada en formato *.HDR y al abrir el archivo se nos pide realizar la combinación R.G.B. que se requiera, pudiendo exportar estos archivos en formato de imagen GEOTIFF.



Fig. 1.7 Imagen resultado después de aplicar la Corrección Radiométrica y de reflectancia antes y después del procedimiento.

Conclusiones

El uso de modelos de corrección radiométrica y atmosférica, puede considerarse como una útil y práctica opción para el procesamiento preliminar de las imágenes satelitales en Teledetección, con la finalidad de obtener datos secuenciales y medibles con validez técnica y científica.

Los metadatos y la información técnica de la imagen LANDSAT – 8 OLI, son indispensables para poder aplicar la corrección radiométrica y atmosférica bajo el modelo planteado. De la misma forma, la imagen a corregir debe utilizarse sin alteraciones o procesamientos previos.

El proceso de corrección radiométrica y atmosférica de imágenes LANDSAT – 8 OLI, puede automatizarse mediante el uso del Software ENVI en su versión 5.3, ya que dentro de sus herramientas se adecuan a diferentes sensores satelitales disponibles en el mercado y permiten reducir el tiempo de preprocesado de imágenes satelitales en cualquier método manual.

Bibliografía consultada

Ambrosio, G., Gonzáles, J., & Arévalo, V. (2002). Corrección radiométrica y geométrica de imágenes para la detección de cambios en una serie temporal.

Chuvieco, E. (1995). FUNDAMENTOS DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL. España: Ediciones RIALP, S.A

Iqbal, F., Lucieer, A., & Barry, K. (2018). Sensor, Simplified radiometric calibration for UAS mounted multispectral. European Journal of Remote Sensing.

Edwards, A. J. (1998). Lesson 3: Radiometric correction of satellite images: when and why radiometric correction is necessary. Recuperado de <http://www.ncl.ac.uk/tcmweb/bilko/module7/lesson3.pdf>



LAS FALLAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS EN LA CIUDAD DE SUCRE

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

APORTE DE LOS ESTUDIANTES DE LA ASIGNATURA DE CARRETERAS DE LA CARRERA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL SEMESTRE 2/2023

1. ANTECEDENTES

Se llama pavimento, al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmite a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. (Maldonado, A., s.f.)

Las diferentes patologías que se presentan en los pavimentos rígidos son las enfermedades que causan las fallas, defectos, daños, deterioros y averías que sufren las estructuras de los pavimentos, provocando así un deficiente funcionamiento y una reducción significativa de su vida útil.

Las fallas en los pavimentos rígidos pueden ser de orden funcional o estructural. Las funcionales afectan a la comodidad en la circulación, las estructurales ponen en riesgo la integridad de la estructura, lo que a su vez repercute negativamente en la situación funcional. Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores, sin que se presente la falla estructural (Morales, N., 2018).

La mejor forma de identificar las fallas del pavimento y determinar porqué se han producido, es mediante la realización de un estudio de reconocimiento, donde se debe identificar el tipo, severidad y magnitud de cada falla. Además de la inspección visual, puede emplearse pruebas destructivas y no destructivas para determinar la condición estructural y las condiciones del material bajo la superficie del pavimento. (Miranda, R., 2010)

Estas fallas pueden ser pequeñas al principio, pero pueden causar problemas serios en un futuro no lejano, por lo cual es necesario un análisis de las fallas que se presentan en el pavimento rígido de las diferentes avenidas y calles de la ciudad de Sucre, para poder identificar las causas y brindar diferentes soluciones a las fallas que presentan.

En la ciudad de Sucre existen varias vías urbanas o avenidas principales que se han pavimentado con pavimento rígido y se puede observar en una inspección visual cómo algunas de éstas no están en buenas condiciones, porque presentan diferentes tipos de fallas.

2. DESARROLLO

2.1. TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

Miranda, R., 2010, presenta una descripción de los diferentes tipos de daños que puede presentar un pavimento rígido, los cuales fueron agrupados en cuatro categorías generales: juntas, grietas o fisuras, deterioro superficial y otros deterioros.

a. JUNTAS

Deficiencias del sellado: Se refiere a cualquier condición que posibilite la acumulación de material en las juntas o permita una significativa infiltración de agua. La acumulación de material incompresible impide el movimiento de la losa, posibilitando que se produzcan fallas, como levantamiento o desportillamientos de juntas. Las causas más frecuentes para que el material de sello sea deficiente, son:

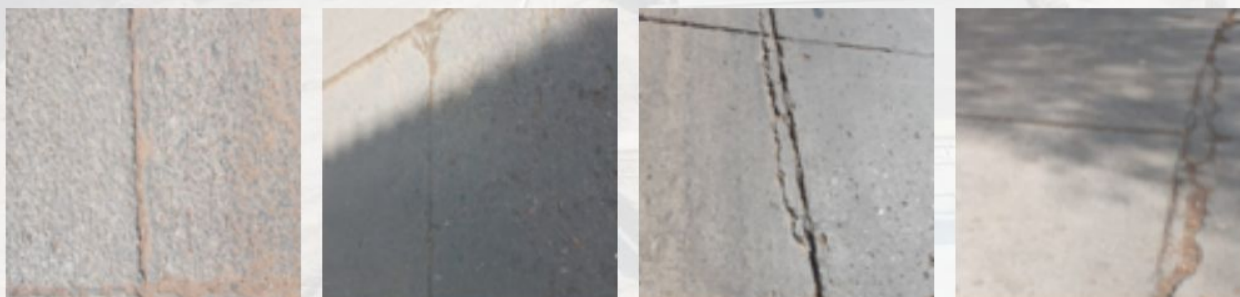
- Pérdida de adherencia con los bordes de las losas.
- Levantamiento del material de sello por efecto del tránsito y movimientos de las losas.
- Escasez o ausencia del material de sello. O el material de sello inadecuado.

Juntas salteadas: Rotura, fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.50 metros de una junta o una esquina y generalmente no se extiende más allá de esa distancia. Las causas más frecuentes son:

- Debilidad del hormigón en la proximidad de la junta.
- Deficiente diseño y/o construcción de los sistemas de transferencia de carga de la junta
- Acumulación de agua a nivel de las juntas.

Separación de la junta longitudinal: Corresponde a una abertura de la junta longitudinal del pavimento. Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimentos rígidos. Las causas más frecuentes son:

- Contracción o expansión diferencial de losas debido a la ausencia de barras de anclajes entre carriles adyacentes.
- Desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial en la subrasante. Y la ausencia de bermas.



AVENIDA JUANA AZURDUY DE PADILLA (MIRADOR)	CALLE RICARDO BACHERER	AVENIDA DEL EJERCITO NACIONAL	CALLE RICARDO BACHERER
DEFICIENCIAS DEL SELLADO		SEPARACIÓN DE LA JUNTA LONGITUDINAL	

IMAGEN 1 FALLAS EN LAS JUNTAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS DE LA CIUDAD DE SUCRE
FUENTE: Elaboración propia, 2013

b. GRIETAS O FISURAS

Grietas de esquina: Es una fisura que interseca la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa. Se origina por:

- La erosión de la base, lo que ocasiona una falta de apoyo de la losa, así como por sobrecargas en las esquinas o una deficiente transmisión de carga entre juntas.

Grietas longitudinales: Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos planos. Son causadas por:

- La repetición de cargas pesadas.
- Pérdida de soporte de la fundación, gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad deficiencias en la ejecución de éstas y/o sus juntas longitudinales.
- Con frecuencia la ausencia de juntas longitudinales en losas, con relación ancho/longitud excesiva conducen también al desarrollo de fisuras longitudinales.

Grietas transversales: Fracturamiento de la losa, que ocurre en forma perpendicular al eje del pavimento, o en forma oblicua a éste, dividiendo la misma en dos planos. Son causadas por una combinación de los siguientes factores:

- Excesivas repeticiones de cargas pesadas (fatiga).
- Deficiente apoyo de las losas, asentamientos de la fundación.
- Excesiva relación longitud/ancho de la losa o deficiencias en la ejecución de éstas.
- La ausencia de juntas transversales o bien losas con una relación longitud/ancho excesivos, conducen a fisuras transversales o diagonales.



AVENIDA DEL EJERCITO NACIONAL (ROTONDA)	AVENIDA DEL EJERCITO NACIONAL (EL ABRA)	AVENIDA 6 DE AGOSTO (IGLESIA SAN PEDRO)	CALLE DESTACAMENTO 317 (REFISUR)
DEFICIENCIAS DEL SELLADO	GRIETAS LONGITUDINALES		SEPARACIÓN DE LA JUNTA LONGITUDINAL

IMAGEN 2 GRIETAS O FISURAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS DE LA CIUDAD DE SUCRE
FUENTE: Elaboración propia, 2013

c. DETERIORO SUPERFICIAL

Fisuramiento por retracción (tipo malla): Es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de hormigón. Por fisuras capilares, se refiere a una malla o red de fisuras superficiales muy finas, que se extiende solo a la superficie del concreto. Las fisuras capilares generalmente son consecuencia de:

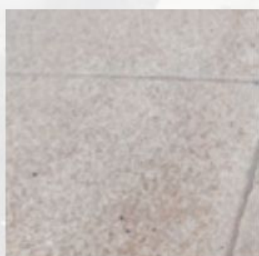
- Exceso de acabado del hormigón fresco colocado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del hormigón resulte muy débil frente a la retracción.
- Las fisuras capilares pueden evolucionar en muchos casos por efecto del tránsito.

Desintegración: Se produce una progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de la matriz arena cemento del hormigón, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades. Son causadas por:

- El efecto abrasivo del tránsito sobre hormigones de pobre calidad.
- Empleo de dosificaciones inadecuadas.
- Deficiencias durante su ejecución.

Baches: Es la descomposición o desintegración la losa de hormigón y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares. Los baches se producen por estas causas:

- Fundaciones y capas inferiores inestables.
- Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes.
- Defectos constructivos.
- Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.



AVENIDA DEL EJERCITO	AVENIDA 6 DE AGOSTO	AVENIDA JAIME MENDOZA (PARADA A TARABUCO)	AVENIDA 6 DE AGOSTO
DESINTEGRACIÓN		BACHES	

IMAGEN 3 DETERIORO SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS RIGIDOS DE LA CIUDAD DE SUCRE
FUENTE: Elaboración propia, 2013

d. OTROS DETERIOROS

Levantamiento localizado: La sobre elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o fisura transversal. Son causadas por:

- La falta de libertad de expansión de las losas de hormigón, las mismas que ocurren mayormente en la proximidad de las juntas transversales .
- La restricción a la expansión de las losas puede originar fuerzas de compresión considerables sobre el plano de la junta.
- Cuando estas fuerzas no son completamente perpendiculares, pueden ocasionar el levantamiento de las losas, acompañados generalmente por la rotura de estas losas.

Escalonamiento de juntas y grietas: Es una falla provocada por el tránsito, en la que una losa del pavimento a un lado de una junta presenta un desnivel con respecto a una losa vecina; también puede manifestarse en correspondencia con fisuras.

- Es el resultado, en parte, del ascenso a través de la junta o grieta proveniente de la capa inferior de la losa.
- Son manifestaciones del fenómeno de bombeo, cambios de volumen que sufren los suelos bajo la losa de hormigón y de una deficiente transferencia de carga entre juntas.

Fragmentación múltiple: El fracturamiento de la losa de hormigón conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, subdividiendo la losa en cuatro o más planos. Son originadas por:

- Fatiga del concreto, por la repetición de elevadas cargas de tránsito y/o deficiente soporte de la fundación, que se traducen en una capacidad de soporte deficiente de la losa.

Parches deteriorados: Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente. En muchos casos, los parchados, por deficiente ejecución dan origen a nuevas fallas. Son originadas por:

- El reemplazo de nuevas losas de hormigón de espesor similar al del pavimento existente, insuficiente traspaso de cargas en las juntas de contracción o mala construcción.
- Parches con hormigón de pequeñas dimensiones, inferiores a una losa, retracción de fraguado del hormigón del parche que lo despega del hormigón antiguo.



AVENIDA MARCELO QUIROGA SANTA CRUZ	AVENIDA DEL EJERCITO NACIONAL (ROTONDA)	AVENIDA MARCELO QUIROGA SANTA CRUZ	AVENIDA 6 DE AGOSTO
ESCALONAMIENTO DE JUNTAS Y GRIETAS	FRAGMENTACIÓN MÚLTIPLE		PARCHES DETERIORADOS

IMAGEN 4 OTROS DETERIOROS EN PAVIMENTOS RIGIDOS DE LA CIUDAD DE SUCRE
FUENTE: Elaboración propia, 2013

2.3. PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS

Las fallas en los pavimentos rígidos se podrían prevenir controlando el proceso constructivo, los materiales, mano de obra, maquinaria, etc. que se usen de manera adecuada y cumplir normas vigentes para la construcción de este tipo de proyectos.

también es importante poder conservar la integridad de la estructura del pavimento rígido; evitar el ingreso de agua.

También los mantenimientos son muy importantes, para poder detectar el tipo de falla que presenta y presentar una solución que preserve la vida útil del pavimento rígido.

En este caso presentamos las soluciones que pueden ser: El mejoramiento y el mantenimiento correspondiente en todos los pavimentos rígidos, sellando todas las rajaduras que se presencian, haciendo el relleno de todos los baches y llegando a arreglar todas las fisuras o grietas incluyendo las más pequeñas para que estos ya no causen más problemas

El proceso de reparación de pavimentos de rígidos consta de las siguientes etapas: (www.toxement.com.co)

1. Evaluación del nivel de daño del pavimento.
2. Reparación a profundidad parcial.
 - 2.1. Definir los límites de reparación.

- 2.2. Preparación del área a reparar.
- 2.3. Preparación de las juntas.
- 2.4. Colocación del material de reparación.
- 2.5. Curado.
- 2.6. Sello de juntas.
3. Reparación a profundidad total.
 - 3.1. Definir los límites de reparación.
 - 3.2. Preparación del área a reparar.
 - 3.3. Preparación de las juntas de aislamiento.
 - 3.4. Colocación del concreto de reparación.

3. CONCLUSIONES

Al estudiar las diferentes fallas de los pavimentos rígidos se notó grandemente la importancia del mantenimiento y conservación de los pavimentos ya que, al no hacer las reparaciones necesarias a tiempo, se puede tener grandes consecuencias para la población en general, como para el estado, ya que al pretender mejorar el pavimento rígido más tarde, éste tendrá un costo mucho más elevado.

La conservación de pavimentos rígidos requiere de personal capacitado, es decir, que dominen ampliamente el tema. Es necesario determinar primero la causa que produjo el daño en el pavimento, para poder realizar una reparación correcta. Un mantenimiento oportuno y continuo es necesario para preservar la inversión y mantener el pavimento rígido en completo servicio al público.

Al determinar las fallas de los pavimentos rígidos en la ciudad de Sucre, se logrará conocer el estado actual del mismo y el tipo de falla existente.

4. BIBLIOGRAFÍA

Maldonado, A. O. (s/f). Trabajo 7 - Pavimentos Flexibles. Recuperado el 1 de octubre de 2023, de Construaaprende.com website: <https://www.construaaprende.com/docs/trabajos/310-pavimentos-flexibles>

Morales, N. S. (2018). Evaluación de la estructura del pavimento rígido en el jr. San Martín de la ciudad de Caraz – 2018. Recuperado el 26 de septiembre de 2023, de Edu.pe website: http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/8008/Tesis_58921.pdf?sequen

Miranda, R. (2010). Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. Recuperado el 6 de octubre de 2023, de Uach.cl website: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcm672d/doc/bmfcm672d.pdf>



ANÁLISIS DEL USO DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSOS PARA EL EDIFICIO ROLES DE LA CIUDAD DE SUCRE

Msc. Ing. Ronald Fernando Gonzales Soto
INGENIERO CIVIL

INTRODUCCIÓN

Al introducir disipadores de energía a un edificio, éste se divide en dos sistemas interdependientes: el Sistema Estructural, compuesto por los elementos de concreto armado que componen la estructura, y el Sistema de Amortiguamiento, compuesto por los amortiguadores, conexiones metálicas y elementos de concreto que estén conectados directamente a ellos.

Debido que nuestro país se encuentra en un riesgo sísmico alto y la ciudad de Sucre se encuentra en la franja de riesgo, ya que en años anteriores no solo destruyeron edificaciones, sino se tuvo que lamentar la pérdida de vidas. Es por este motivo que el presente trabajo de investigación se enfoca en el uso de disipadores de energía, más propiamente los disipadores de fluido viscoso que ya fueron utilizados en otros países ya mencionados.

Para poder ver el comportamiento de estos dispositivos se realizó la aplicación en el edificio Roles de la ciudad de Sucre, el cual consta de 24 pisos y dos estacionamientos subterráneos.

ANÁLISIS SÍSMICO

Se emplearon las recomendaciones de la Norma ASCE 7-10 en su capítulo 18 (requerimientos de diseño sísmico para estructuras con sistemas de disipación) para la determinación del sismo de diseño, el mismo que se empleó para el cálculo de las propiedades de los disipadores. Asimismo, se siguieron los lineamientos de la Guía Boliviana de Diseño Sísmico 2020.

Los pasos que se han de seguir para determinar el sismo de diseño son los siguientes:

De acuerdo con el mapa de probabilidad sísmica para una de excedencia de 10%, tenemos para la ciudad de Sucre una pseudo aceleración sísmica de $S_o=0.20$. (mapa 2-5 Guía Boliviana de Diseño Sísmico 2020)

El uso de programa de análisis y diseño estructural ETABs.

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados comparativos en cuanto a desplazamientos, distorsiones, aceleraciones y otros del edificio en estudio (con y sin disipadores de energía) teniendo como sismo de diseño de acuerdo a la Guía Boliviana de Diseño Sísmico 2020.

DESPLAZAMIENTOS

Dirección X-X

La incorporación de disipadores de energía viscosos en la estructura reduce los desplazamientos de piso en la dirección X-X en un rango de entre 42 a 43% tal como se muestra en la figura 1 y tabla 1.



Figura 1 Desplazamientos máximos absolutos de cada piso (Dirección X-X)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1 Porcentaje de reducción de los desplazamientos máximos de cada piso

PISO	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR	REDUCCION %
EST.	0,00000	0,00000	0,00%
EST,1	0,00000	0,00000	0,00%
SUP_MER	0,00000	0,00000	0,00%
1	0,04560	0,02695	40,90%
2	0,07820	0,04872	37,70%
3	0,09440	0,05839	38,15%
4	0,13680	0,08554	37,47%
5	0,14593	0,09975	31,65%
6	0,17033	0,11067	35,03%
7	0,19473	0,11802	39,39%
8	0,20110	0,12285	38,91%
9	0,21480	0,13300	38,08%
10	0,24890	0,14105	43,33%
11	0,26980	0,15338	43,15%
12	0,27990	0,16100	42,48%
13	0,30450	0,17423	42,78%
14	0,30580	0,18109	40,78%
15	0,33698	0,19101	43,32%
16	0,34890	0,19677	43,60%
17	0,35890	0,20797	42,05%
18	0,37800	0,22120	41,48%
19	0,38100	0,22811	40,13%
20	0,38400	0,23436	38,97%
21	0,39258	0,24653	37,20%
22	0,42360	0,25396	40,05%
23	0,45800	0,26474	42,20%
24	0,48660	0,27457	43,57%

Fuente: Elaboración propia

DISTORSIONES DE ENTREPISO

Dirección X-X

Las distorsiones de entrepiso en la dirección X-X se redujeron en un rango entre el 33% y 54% tal como se aprecia en la figura 2 y tabla 2. Es importante mencionar que la distorsión máxima en la estructura con disipadores de energía viscosos se presenta en el primer piso y es igual a 11.76%, valor que satisface la distorsión objetivo de 12%, es decir la máxima distorsión permitida por la Guía Boliviana de Diseño Sísmico.



Figura 2 Distorsiones de entrepiso (Dirección X-X)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 Porcentaje de reducción de las distorsiones de entrepiso

PISO	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR	REDUCCION %
24	0,02160	0,01155	46,53%
23	0,04010	0,02088	47,93%
22	0,04440	0,02931	33,99%
21	0,06680	0,03666	45,12%
20	0,08593	0,04275	50,25%
19	0,08900	0,04743	46,71%
18	0,09880	0,05058	48,81%
17	0,10500	0,05265	49,86%
16	0,10970	0,05700	48,04%
15	0,11675	0,06045	48,22%
14	0,12310	0,06573	46,60%
13	0,12945	0,06900	46,70%
12	0,13581	0,07467	45,02%
11	0,14216	0,07761	45,41%
10	0,14851	0,08186	44,88%
9	0,15487	0,08433	45,55%
8	0,16122	0,08913	44,72%
7	0,16757	0,09480	43,43%
6	0,17393	0,09776	43,79%
5	0,18028	0,10044	44,29%
4	0,18663	0,10566	43,39%
3	0,20980	0,10884	48,12%
2	0,22200	0,11346	48,89%
1	0,25800	0,11767	54,39%

Fuente: Elaboración propia

ESFUERZOS MÁXIMOS EN LOS ELEMENTOS DE CORTE

Las fuerzas cortantes y los momentos flectores de todas las columnas se redujeron. A manera de ejemplo se realizó una comparación de estas fuerzas (edificio con y sin disipadores) en la columna que se muestra en la siguiente imagen seleccionando una columna cualquiera.

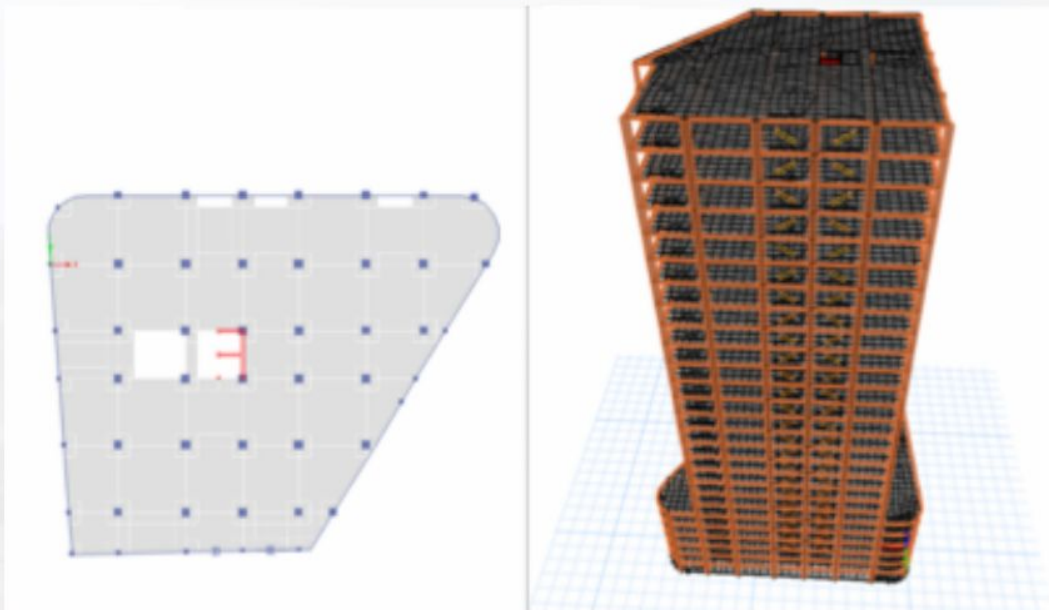


Figura 3 Vista en planta de la estructura columna seleccionada

Fuente: Elaboración propia

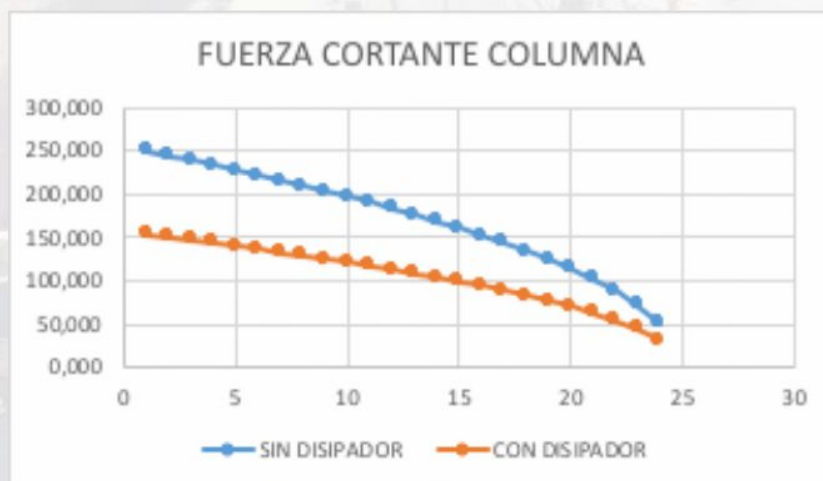


Figura 4 Fuerza cortante máxima en cada piso para la columna seleccionada

Fuente: Elaboración propia

Se consideró como máxima deriva de piso el valor de 12‰, es decir, la distorsión máxima permitida para estructuras de concreto armado tal como lo indica la Guía Boliviana de Diseño Sísmico 2020, como se muestra a continuación:

Tabla 3 Máxima deriva de piso

Material predominante	$\Delta_i = \delta_i/h_i$
Hormigón armado	0.012
Muros de ductilidad limitada	0.005
Acero	0.010
Albañilería confinada y/o armada	0.004
Madera	0.007

Fuente: Guía Boliviana de diseño Sísmico 2020 (tabla 7-4)

Del diseño sísmico que se realizó con base a nuestra guía, y extrayendo datos de las derivas máximas debido a sismo, tendremos la siguiente distribución:

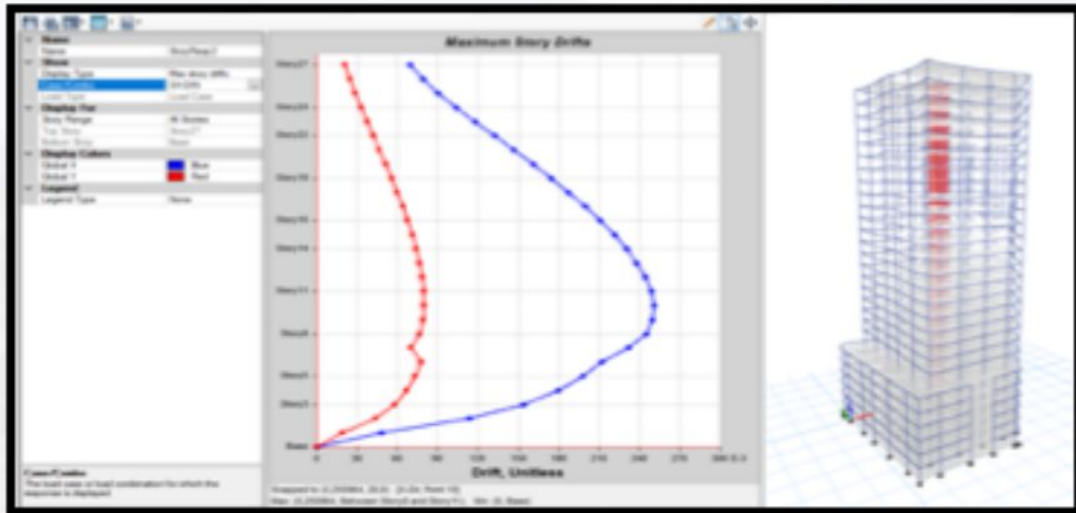


Figura 5 Máximas distorsiones debido al sismo en la dirección X-X

Fuente: Elaboración propia

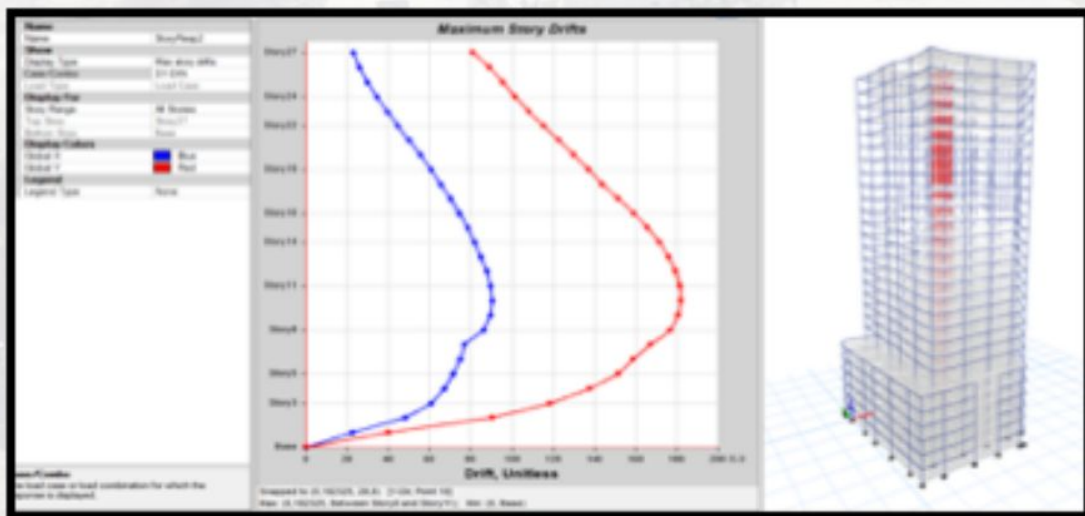


Figura 6 Máximas distorsiones debido al sismo en la dirección YY

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos se realizaron para ambos ejes, en donde la distorsión máxima en el eje XX (25.10%) es superior a la permitida; el eje YY por tener una distorsión de 18.23% se requiere de disipadores en ambas direcciones. Para calcular el amortiguamiento viscoso necesario para llegar a la distorsión objetivo (12%) se sigue el siguiente calculo reemplazando en las anteriores ecuaciones:

DESPLAZAMIENTO EN LOS NIVELES DEL EDIFICIO Y CONTROL DE DISTORSIONES

Los desplazamientos y las distorsiones obtenidas del Análisis Dinámico de nuestro edificio con disipadores de energía se muestran a continuación:

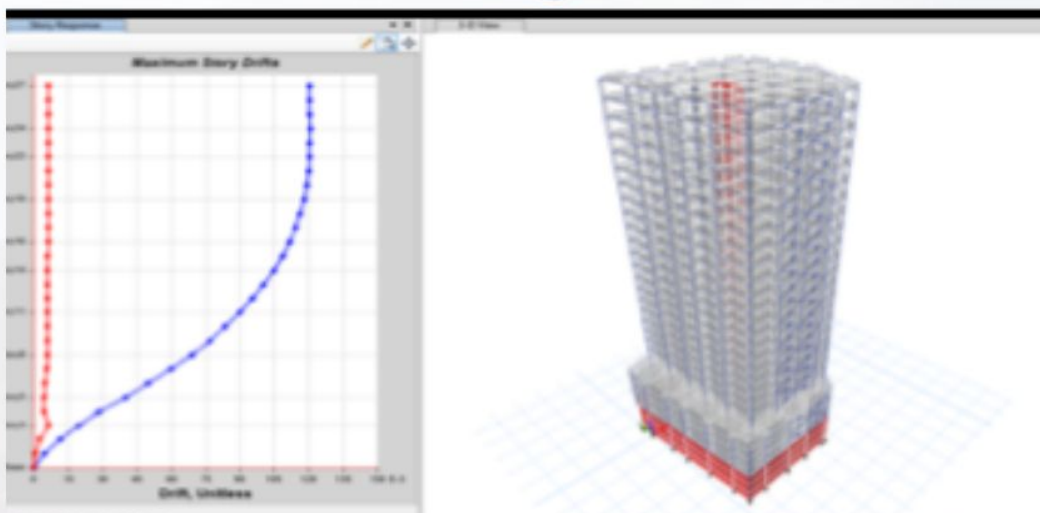


Figura 7 Verificamos las distorsiones de entripiso
Fuente: Elaboración propia

Sacando las tablas de distorsiones máximas debidos al sismo.

Tabla 4 Distorsiones máximas de piso control según la GBDS 2020

PISO	DESPLZAMIENTO	DISTORSION DE ENTREPI-SO D/h	DISTORSION SEGÚN GBDS 2020	CONTROL
EST.	0,0000	0,0000	0,012	SI
EST,1	0,0000	0,0000	0,012	SI
SUP_MER	0,0000	0,0000	0,012	SI
1	0,02695	0,01130	0,012	SI
2	0,04872	0,01100	0,012	SI
3	0,06839	0,01080	0,012	SI
4	0,08554	0,01060	0,012	SI
5	0,09975	0,01040	0,012	SI
6	0,11067	0,01016	0,012	SI
7	0,11802	0,00994	0,012	SI
8	0,12285	0,00972	0,012	SI
9	0,13300	0,00950	0,012	SI
10	0,14105	0,00928	0,012	SI
11	0,15338	0,00906	0,012	SI
12	0,16100	0,00884	0,012	SI
13	0,17423	0,00862	0,012	SI
14	0,18109	0,00840	0,012	SI
15	0,19101	0,00818	0,012	SI
16	0,19677	0,00796	0,012	SI
17	0,20797	0,00774	0,012	SI
18	0,22120	0,00752	0,012	SI
19	0,22811	0,00730	0,012	SI
20	0,23436	0,00708	0,012	SI
21	0,24653	0,00686	0,012	SI
22	0,25396	0,00664	0,012	SI
23	0,26474	0,00642	0,012	SI
24	0,27457	0,00620	0,012	SI

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, las distorsiones de entrepiso se han reducido casi en un 50% de las iniciales cuando no se tenía los disipadores; de la misma manera los desplazamientos por tal motivo los esfuerzos en vigas, columnas y losa también sufrieron una disminución.

CONCLUSIONES

Se concluye que, una metodología adecuada permitirá realizar el modelado, análisis y diseño de los disipadores, pues como se vio después de los procesos desarrollados en esta investigación, se pudo llegar a determinar un proceso metodológico consecuente para el análisis y diseño de los disipadores sísmicos de fluido viscoso.

Para este fin se tomó como modelo de aplicación el edificio Roles que se encuentra en la ciudad de Sucre, el cual cuenta con 24 niveles, los disipadores que se eligieron para el análisis son los de fluido viscoso, que se adaptan a las condiciones estructurales y las ventajas que estos tienen para la puesta en obra. Con el uso del programa ETABS con el cual se realizó el análisis y diseño de estos dispositivos.

Se concluye que la incorporación de los disipadores sísmicos de fluido viscoso influye en el control de la respuesta sísmica de las edificaciones pues en todas las edificaciones se lograron controlar las distorsiones excesivas de entrepiso y ponerlas por debajo de la máxima permisible de acuerdo con la Guía Boliviana de Diseño Sísmico 2020 que es de 0.012 para concreto armado, en el ejemplo de aplicación esta distorsión se reduce entre el 33% y 54%.

La gran mayoría de los esfuerzos de cortante y momentos flectores que se presentaban en la edificación en vigas y columnas se ven disminuidas gracias a la incorporación de estos disipadores.

BIBLIOGRAFÍA

ACI. (2008). *American concrete institute (ACI) (2008). ACI 318-08 Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario*. Estados Unidos.

ASCE. (2010). *American Society of Civil Engineers (ASCE). ASCE 7-10: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. EEUU.

FEMA. (2017). *Federal Emergency Management Agency (FEMA). Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings – NEHRP. FEMA 273-274*. Washington, D.C. EEUU.

Grandi, R. (2020). *Guía Boliviana de Diseño Sísmico*. La Paz, Bolivia .

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



APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN CIENCIAS AGRARIAS - VILLA CARMEN, CIICA – VC USFX

Autor: Choquevillca Yupari Nelson

Licenciado Geodesia y Topografía

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas tecnológicas que se utilizan para analizar y visualizar información geográfica, como mapas, imágenes satelitales y datos espaciales, estos sistemas son ampliamente utilizados en la investigación e innovación en Ciencias Agrarias debido a su capacidad para integrar diferentes tipos de datos y su capacidad para realizar análisis espaciales complejos.

En la investigación agrícola, los SIG se utilizan para analizar variables espaciales y temporales, como el rendimiento de los cultivos, la calidad del suelo, la disponibilidad de agua y la erosión del suelo, los investigadores agrícolas pueden utilizar SIG para identificar patrones y tendencias espaciales, identificar áreas de bajo rendimiento y tomar decisiones informadas sobre la gestión de la tierra y los cultivos.

Los SIG también se utilizan en la innovación en Ciencias Agrarias para el desarrollo de nuevas técnicas y prácticas agrícolas, por ejemplo, los investigadores pueden utilizar los SIG para identificar áreas propensas a enfermedades de plantas y desarrollar estrategias de control eficientes, también se pueden utilizar para evaluar el impacto de diferentes prácticas agrícolas en el medio ambiente, como el uso de fertilizantes y pesticidas, y ayudar a los agricultores a tomar decisiones más sostenibles.

Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas fundamentales en la investigación e innovación de las Ciencias Agrarias, ya que permiten analizar y visualizar información espacial de manera eficiente y tomar decisiones informadas sobre la gestión de la tierra; en la agricultura permite a los agricultores cartografiar los datos del campo, organizarlos y analizarlos, así como monitorizar sus cultivos a distancia. Tecnologías como el GPS, los drones y la teledetección remota han contribuido a la automatización de las explotaciones, estos sistemas han demostrado ser útiles para identificar patrones y tendencias, evaluar el impacto de diferentes prácticas agrícolas y desarrollar nuevas técnicas y prácticas agrícolas.

RESUMEN

La Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca cuenta con varios centros de investigaciones en las distintas Facultades y carreras, tanto en la ciudad de Sucre como en las áreas desconcentradas. La Facultad de Ciencias Agrarias cuenta con el centro de investigación más grande en extensión de la universidad, con un aproximado de 54 Hectáreas o 542820 metros cuadrados; el centro de investigación e innovación en Ciencias Agrarias Villa Carmen CIICA-VC se encuentra en el municipio de Yotala, es utilizado por los estudiantes de las distintas carreras de la Facultad de Ciencias Agrarias para su formación académica, cada día los estudiantes se dirigen en buses al centro de Investigación e Innovación en Ciencias Agrarias – Villa Carmen para pasar clases, realizar prácticas e investigaciones, cuenta con varios institutos de investigación y lugares que podrían ser considerados como atractivos turísticos del trabajo académico que realizan los estudiantes a diario.

El presente artículo, resume el trabajo colaborativo realizado por estudiantes de la Facultad Técnica de la carrera Geodesia y Topografía y de la Facultad de Ciencias Agrarias de la materia Topografía Aplicada en donde los estudiantes realizaron la georreferenciación de lugares del centro de investigación y planos de cada infraestructura del lugar.

El proyecto contó con apoyo del docente Ing. Juan Pablo Álvarez Orias y autoridades de la Facultad de Ciencias Agrarias, se realizó la plataforma digital en la cual los estudiantes de la universidad o estudiantes interesados en estudiar en la Facultad de Ciencias Agrarias podrán ver los diferentes trabajos que se realizan en el CIICA-VC.

Figura 1. Logo proyecto



PROBLEMÁTICA

El centro de investigación e innovación en Ciencias Agrarias Villa Carmen CIICA – VC, cuenta con varios institutos, lugares y trabajos de estudiantes que no se encuentran registrados en un entorno SIG, aunque si existe un registro impreso; es necesario transformar los documentos físicos a un entorno de fácil acceso, la solución a este problema es pasar de una gestión física impresa a una gestión digital de base de datos, por lo cual el proyecto se enfoca en desarrollar una base de datos en un entorno SIG para almacenar los lugares, infraestructuras y trabajos que se realizan en el centro de investigación e innovación.



Figura 2. Lugares en el CIICA-VC

INFORMACIÓN RECOLECTADA

La información recolectada fue obtenida de manera colaborativa, y cuenta con los siguiente datos:

- Información del Instituto de desarrollo rural integral IDRI
- Información del Instituto de Biodiversidad y Recursos Naturales I-BIORENA
- Información del instituto de Botánica y Ecología - Herbario del Sur de Bolivia IMBOE-HSB
- Información del Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria IASA
- Información del Banco de Germoplasma
- Información del museo de historia natural y Osteoteca.
- Información de plantaciones forestales en Chaca León
- Planos topográficos, referenciales y mapas SIG de las infraestructuras
- Inventario florestica y ubicación de especies.

La aplicación web fue realizada en un entorno colaborativo, los profesionales y estudiantes brindaron los datos para la aplicación web.

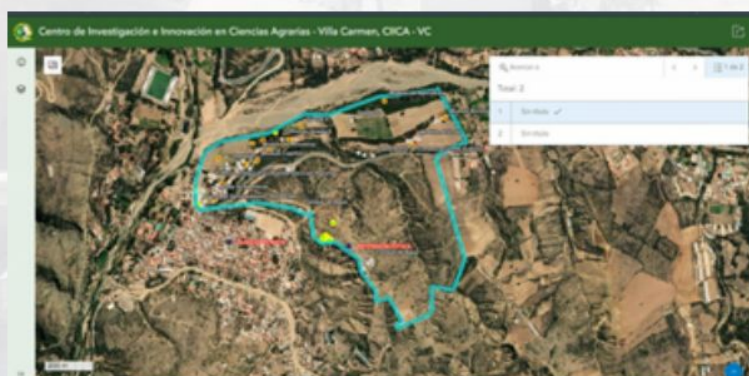
Figura 3. Datos del CIICA-VC



APLICACIÓN WEB

La aplicación web del centro de investigación e innovación en ciencias agrarias Villa Carmen fue creada con el propósito de mostrar los trabajos de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Agrarias a la población estudiantil e interesados, este proyecto revoluciona la forma de mostrar de una manera fácil y sencilla todo el trabajo realizado, fue creada para promocionar las actividades que se realiza en el Centro de Investigación e Innovación, la aplicación web se encuentra en la nube Geoespacial de ESRI, disponible para dispositivos móviles y de escritorio en distintos idiomas.

Figura 3. Aplicación Web del CIICA-VC



RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se logró crear la aplicación web en la Nube Geoespacial de ESRI con la información de los lugares de interés del centro de investigación e innovación en Ciencias Agrarias Villa Carmen de manera exitosa.

La base de datos georreferenciados estará disponible para la población estudiantil y los interesados en estudiar o conocer sobre los trabajos que realizan en la Facultad de Ciencias Agrarias.

La recolección de datos fue exitosa demostrando el trabajo colaborativo que existe dentro de la Universidad, la base de datos cuenta con información de coordenadas, mapas, planos y puede ser actualizada constantemente.

La aplicación web fue presentada en la Facultad de Ciencias Agrarias a las autoridades de la Facultad y el director de Planificación Académica de la Universidad.

Figura 5. Presentación del proyecto en la Facultad de Ciencias Agrarias

BIBLIOGRAFÍA

<http://www.gisandbeers.com>

<http://www.scielo.org.bo/scielo.php>

<https://proceedings.esri.com>



LIMITES TERRITORIALES, REGIONALES DEL DEPARTAMENTO DE CHUQUISACA Y SUS MUNICIPIOS

Lic. Emilio Saigua Sarsudes

TÉCNICO SUPERIOR EN TOPOGRAFÍA – LIC. GEODESIA Y TOPOGRAFÍA

RESUMEN

El presente artículo tiene a bien presentar los límites territoriales y municipales del departamento de Chuquisaca, así como también fortalecer el conocimiento en los procesos de formación educativo y la sociedad en general, que permitirá un mejor conocimiento de sus límites para el Ordenamiento Territorial.

Corresponde resaltar que la Geodesia y Topografía es una de las partes principales de la ciencia y sus límites para la Planificación Territorial dentro de cada espacio ubicados los departamentos, municipios, provincias, regiones y territorios originarios indígenas campesinos.

De esa forma se podrá implementar plenamente 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 territoriales 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.

En este orden de ideas, se analiza el significado espacial que tiene la Geodesia y Topografía, en el Catastro Urbano y Rural dentro de lo que es Planificación Territorial al ser considerado dentro las planificaciones de estrategias del departamento y sus municipios con límites territoriales precisos.

INTRODUCCION

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 trabajo de Límites Territoriales se presenta a disposición de las autoridades de los distintos niveles y opinión pública en general, trata mediante la investigación y seguimiento exhaustivo de compilar todas las disposiciones legales relativas a la creación, supresión, modificación, delimitación y reglamentación de las Unidades Territoriales correspondientes al Departamento de Chuquisaca.

Se debe tener presente, que los mapas temáticos que se presentan, en cuanto a los límites territoriales, 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 en Ley Especial.

MAPAS TEMATICOS EN PLANIFICACIONES TERRITORIALES

Se puede considerar los Límites Territoriales como instrumentos de planificación que definen qué usos deberá destinarse el suelo ocupado por el territorio, con qué intensidad y en qué condiciones y circunstancias de todo tipo, grado de urbanización, volumen, estético, medioambiental, plazo de realización y financiación que cumple su planificación territorial.



IMAGEN N° 1 Provincias Chuquisaca

FUENTE: Elaboración Propia

INTEGRACIÓN TERRITORIAL

La misión de integración territorial involucra: centrar las políticas de desarrollo regional y territorial, con el mejor aprovechamiento de los potenciales regionales y del capital territorial.

El presente artículo intenta indagar y analizar el territorio de Chuquisaca y sus municipios que lo conforman, sus principales fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.

En última instancia se procura aportar ideas sobre cómo la planificación puede hacer avanzar la agenda de integración en el contexto departamental, traducido en conjunción de sus municipios y el efecto interesante de la información del Censo realizado el año 2012 (INE 2012) en estadísticas que permiten la comprensión de los factores que pueden influir en la interpretación de la planificación territorial y la política de integración.

La aplicación de la integración territorial como sector espacial sea analizada debido a la diversidad de los sistemas nacionales de planificación y sus lógicas sociales y valores culturales que son esenciales.

Respecto a la realidad de nuestro contexto se señala la importancia de generar una mayor comprensión y conciencia de las ideologías, económicas, culturales y políticas que sustentan el sistema de planificación a fin de configurar adecuadamente la política para territorios específicos.

REGIONES PROYECTADAS DEL DEPARTAMENTO DE CHUQUISACA

Las regiones de Chuquisaca son el conjunto eco-sistémico que ofrecen desde tiempos inmemoriales las condiciones aptas para la vida humana, con el análisis el estudio territorial del departamento podemos sugerir las propuestas principales que radican en una nueva configuración de integración territorial que une a los actuales municipios en regiones lo cual es importante en el desarrollo.

Si bien las regiones son las líneas estratégicas regionales hacia el año 2020-2025 con una nueva configuración territorial con los principios de equidad y redistribución de beneficios de desarrollo en las siguientes actividades:

Agricultura: El departamento produce: maíz, trigo, cebada, papas, legumbres, verduras, hortalizas y frutas en los valles de clima templado y cítricos en sus zonas semicálidas y cálidas.

Ganadería: La ganadería tiene índices elevados, cualitativa y cuantitativamente, sobre todo, adquiere importancia el ganado bovino, porcino, caprino y ovino, también el equino.

Minería e hidrocarburos: Se encuentran yacimientos de cobre, plata y antimonio. Tiene grandes depósitos de caliza, merced a los cuales se desarrolla la industria cementera. El descubrimiento de yacimientos de petróleo y grandes reservas de gas natural abre nuevas posibilidades económicas al departamento.

BENEFICIOS COMO REGIONES

- Comunicación vial y jurisdiccional
- Integración territorial y apertura de límites
- Recursos estratégicos complementados, suficientes y valorados
- Reducción ostensible del índice de pobreza

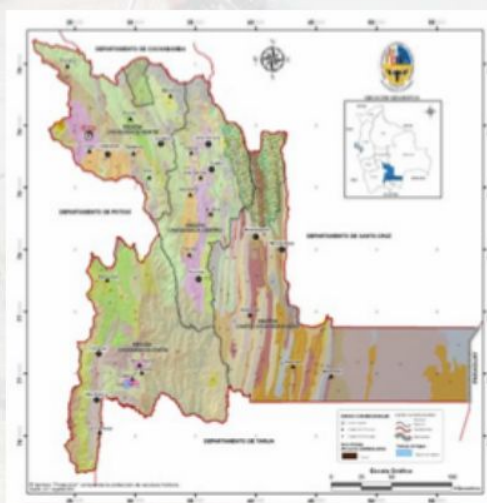


IMAGEN N° 2 Potencial productivo por regiones

FUENTE: PTDI - Plan territorial de desarrollo integral – municipio de Sucre

El departamento de Chuquisaca está organizado en 10 provincias, 29 municipios y cuatro regiones.

Nº	PROVINCIA	MUNICIPIOS	SUP. Km2
	Oropeza	3	3.943
2	Azurduy	2	4.185
3	Zudáñez	4	3.738
4	Tomina	5	3.947
5	Hernando Siles	2	5.473
6	Yamparaez	2	1.472
7	Nor Cinti	4	7.983
8	Belisario Boeto	1	2.000
9	Sud Cinti	3	5.484
10	Luis Calvo	3	13.299
		29	51.524

CUADRO N° 1 Provincias y municipios

FUENTE: PTDI - Plan territorial de desarrollo integral

RECOMENACIONES

Se recomienda que los procesos de planificación en diferentes niveles de Ordenamiento Territorial, estén necesariamente orientados 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 y mantener vital la sustentabilidad de los ecosistemas y recursos naturales del territorio.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) *Gobierno Automo Departamental de Chuquisaca (2011), Unidad de Ordenamiento Territorial y Límites.*
- 2) *Ley N°. 339 (2013). Ley de Delimitación de Unidades Territoriales.*
- 3) *PTDI (2016-2020). Plan Territorial de Desarrollo Integral – Chuquisaca.*



APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA CONSTRUCCIÓN

M. Sc. Ing. Luis Alberto Cabrera Serrudo

DOCENTE DE CONSTRUCCIÓN CIVIL

INTRODUCCIÓN

Es pertinente, en principio, comprender lo que es la inteligencia artificial. De acuerdo a Barr et al. (1981) la inteligencia artificial es una rama de las ciencias de la computación que desarrolla sistemas informáticos inteligentes, es decir, sistemas que exhiben características similares a la inteligencia humana, con capacidades para comprender, manejar idiomas, tener razonamiento y resolver problemas.

En las décadas recientes, los investigadores han publicado bastantes artículos abordando la aplicación de la inteligencia artificial y sus diferentes ramas. En ese sentido, se hicieron investigaciones acerca de la aplicación de una rama como lo es el aprendizaje automático (machine learning) en campos como la salud, estimación de costos, cadena de suministros, logística, prevención de riesgos y muchos otros. A pesar de esto, la industria de la construcción es un área profesional que aún no ha tenido una digitalización muy profunda y continúa atravesando dificultades para adoptar las nuevas tecnologías digitales, este retraso se debe a ciertos obstáculos como la barrera cultural, costos elevados durante el proceso de desarrollo inicial, desconfianza por parte de los actores de la construcción, mala calidad de internet, falta de personal capacitado en informática, entre muchos otros factores.

Hoy en día, la Inteligencia Artificial (en lo sucesivo será mencionada como: IA) ha emergido como una poderosa herramienta en diversas industrias, y la construcción no es la excepción. En las últimas décadas, los avances en la IA han revolucionado la forma en que se abordan los desafíos en estas profesiones. En este artículo, exploraremos cómo la IA ha transformado la ingeniería civil y la construcción, permitiendo mejoras significativas en la eficiencia, la precisión y la sostenibilidad de los proyectos.

En la figura 1 se puede apreciar un resumen de las ramas, los componentes y tipos de inteligencia artificial.

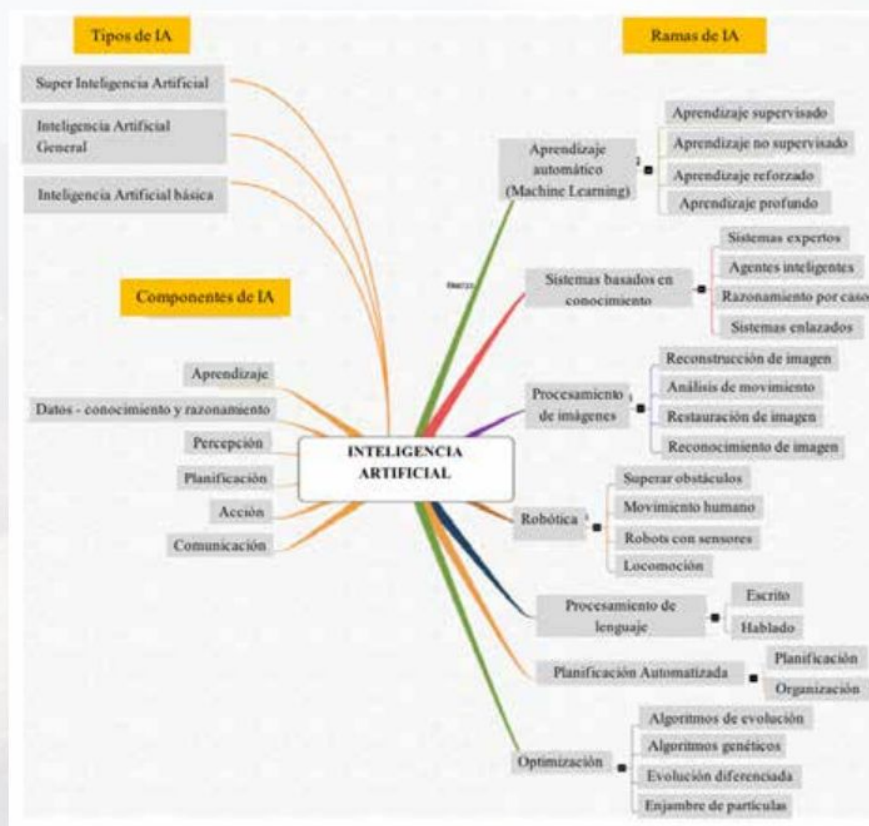


Figura 1. Componentes, tipos y ramas de la Inteligencia Artificial. (Sofiat et al., 2021)

ELABORACIÓN DE PROPUESTAS PARA LICITACIONES

La IA se puede utilizar para analizar datos históricos de licitaciones y proyectos similares, lo que permite a las empresas crear propuestas más precisas y competitivas. Los algoritmos de aprendizaje automático ayudan a identificar patrones de precios y requisitos, lo que resulta en propuestas más atractivas y exitosas.

Los contratos y las propuestas de licitación en el ámbito de la construcción pueden llegar a ser bastante complejos e implicar mucha documentación y datos, cualquier error o falta de información puede desembocar en severas consecuencias para una empresa constructora tales como: costos de litigación, demoras en el proyecto, pérdida de reputación de la empresa y pérdidas económicas. Actualmente esta tarea recae en el equipo jurídico de la empresa conformado por personas, pero como es sabido, el ser humano es susceptible de cometer errores. El escenario planteado puede tener una mejora substancial al incluir a la IA como un asistente que ayude en la elaboración de todos los documentos que implica una licitación o contrato, de esta manera, el proceso de elaboración de toda esta documentación puede hacerse de forma más rápida y minimizando errores.



Figura 2. Elaboración de documentos para licitaciones y contratos con IA. (<https://licitarconsultores.org/asesorias>, 2023)

ORGANIZACIÓN DE ACEROS EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO

La organización eficiente de los aceros es crucial en la construcción de elementos de hormigón armado. La IA puede optimizar la disposición de los refuerzos metálicos, minimizando el desperdicio y garantizando la resistencia y durabilidad óptimas.

De acuerdo con Jiepeng L. et al., (2020), los nudos donde se unen las vigas con las columnas son zonas críticas para una estructura de hormigón armado. La congestión e incluso colisión de las barras de refuerzo pueden generar problemas durante el vaciado del hormigón, el cual no podrá cubrir todas las barras generando "cangrejeras" que obviamente reducen la resistencia de los elementos estructurales. La figura 3 muestra toda la situación descrita.

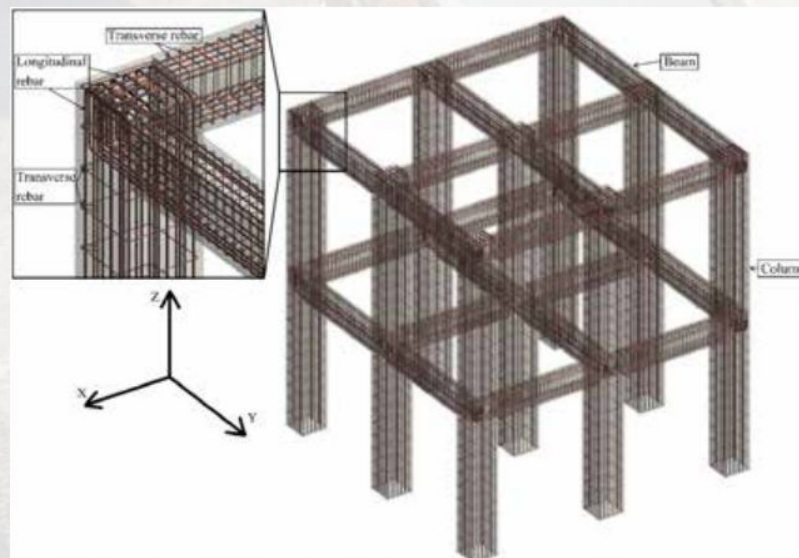


Figura 3. Estructura aporticada de hormigón armado y congestión de aceros en los nudos. (Jiepeng L. et al., 2020)

Actualmente el problema de la congestión de aceros se lo revisa manualmente durante la etapa de diseño, sin embargo, la IA puede ofrecer posibilidades de solucionar estas dificultades. La respuesta se halla en la rama de la robótica, más específicamente, en el componente dedicado a esquivar obstáculos.

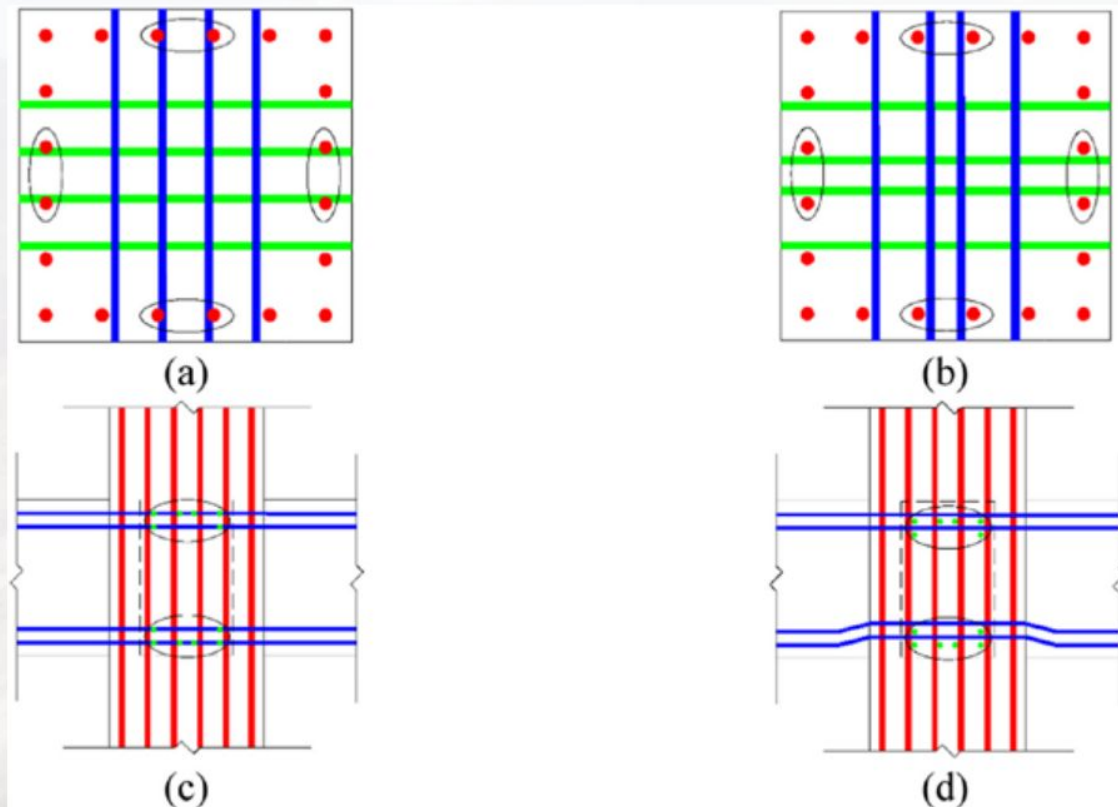


Figura 4. Elevación vertical de una junta: (a) Colisión de barras de refuerzo de columna con las de viga; (b) Colisión de barras de refuerzo de viga con las de columna; (c) Colisión de barras de refuerzo entre vigas; (d) Barras de refuerzo entre vigas acomodadas para evitar colisión. (Jiepeng L. et al., 2020)

Cuando un robot debe llegar de un punto A, a otro punto B superando obstáculo, se puede dotar de un algoritmo llamado "Campo de Potencial Artificial", el cual consiste en dotar a los obstáculos un campo magnético hipotético que aleja al robot de los mismos, en tanto que a los puntos donde el robot debe llegar, se los dota de un campo hipotético que atrae al robot, de esta manera la máquina puede tener cierta autonomía e "inteligencia" para evadir obstáculos y llegar a los objetivos.

El algoritmo de "Campo de Potencial Artificial" puede aplicarse al proceso de diseño de una estructura de hormigón armado para solucionar el problema de la congestión y el choque de armaduras, para ello las armaduras deberán ser designadas en una modelación como si fueran agentes en movimiento y el algoritmo mencionado se encargará de "guiar" la trayectoria de cada agente de tal manera que cruce toda su trayectoria evitando interceptarse con otros agentes. Jiepeng L. et al. (2020) lograron desarrollar modelos BIM de los aceros de una estructura aperticada y demostraron la aplicabilidad y la eficiencia del algoritmo descrito para poder trazar la trayectoria de las barras de refuerzo, de esta manera se puede realizar el detallado del acero de refuerzo de forma más rápida, eficiente y exacta.

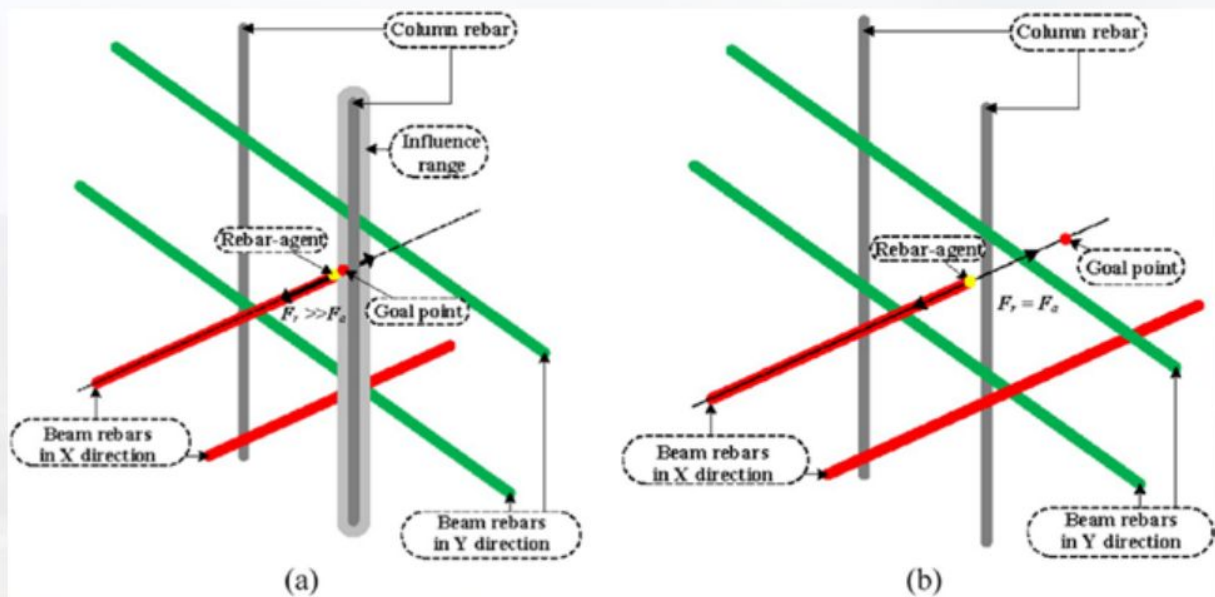


Figura 5. Agente barra no puede llegar a su punto final objetivo: (a) El punto objetivo se halla muy cerca de otra barra; (b) El punto objetivo está interceptado por otra barra. (Jiepeng L. et al., 2020)

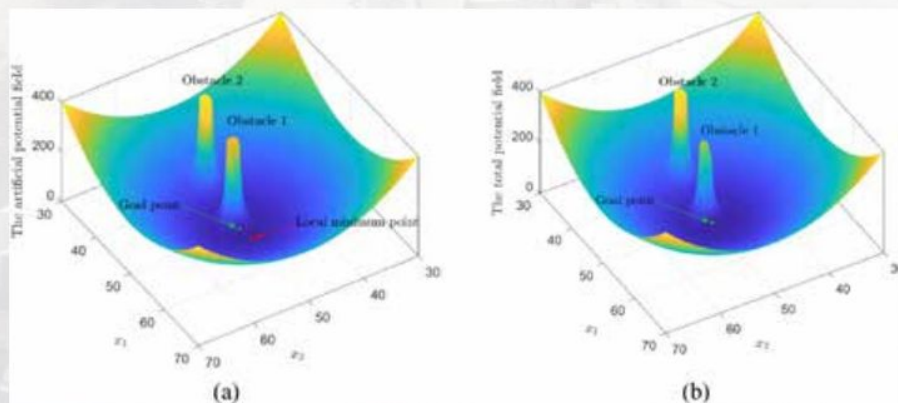


Figura 6. Modelación del Campo de Potencial Artificial; (a) En el caso de que el punto objetivo se halla muy cercano a otra barra; (b) En el caso de el punto objetivo se halle interceptado por otra barra. (Jiepeng L. et al., 2020)

En resumen, la congestión de barras de refuerzo en elementos de hormigón armado es raramente considerado a detalle en la etapa de diseño y todos esos problemas deben resolverse de forma manual en la etapa constructiva, esta manera de solucionar este problema es tediosa y puede, en algunos casos, tomar más tiempo del estimado causando un impacto negativo en la calidad de la construcción. No obstante, Jiepeng L. et al. (2020) pudieron demostrar que aplicando un algoritmo de IA llamado Campo de Potencial Artificial, es posible optimizar la organización de los aceros en los nudos, de esta manera se optimiza el uso de acero y se evita tener congestión de aceros lo que repercute en una mejor calidad de la obra.

En la figura 7 se pueden apreciar los resultados de una modelación BIM en la cual se ha insertado un Plug-in que aplique inteligencia artificial a través del algoritmo de Campo de Potencial artificial. Nótese como el algoritmo es capaz de organizar los aceros, de tal manera que no se presenta el choque o intercepción de aceros, lo cual trae muchos beneficios para el proceso constructivo, puesto que ya se tiene de antemano el detalle exacto de cómo deben estar doblados y cortados

los aceros, de esta manera es posible hacer un uso eficiente del material y además tener una estructura más rígida reduciendo la posibilidad de que aparezcan cangrejas durante el vaciado del hormigón.

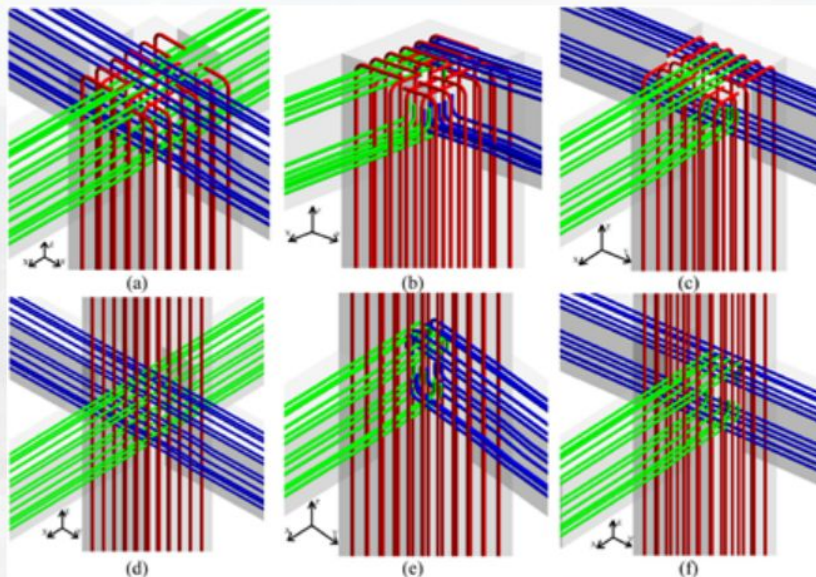


Figura 7. Resultados obtenidos al dirigir la trayectoria de los aceros con el algoritmo de IA; (a) Nudo interior de último piso; (b) Nudo de esquina de último piso; (c) Nudo lateral de último piso; (d) Nudo interior de entrepiso; (e) Nudo de esquina de piso intermedio; (f) Nudo lateral de piso intermedio. (Jiepeng L. et al., 2020)

PROCESAMIENTO DE DATOS EN ENSAYOS DE MATERIALES

La IA agiliza el procesamiento de datos de ensayos de materiales, identificando de manera rápida y precisa las propiedades de los materiales. Esto facilita la toma de decisiones basadas en datos con respecto a la selección de materiales y la calidad del trabajo.

La construcción de una obra está sujeta siempre a un control de calidad, el cual consiste en determinar la resistencia y el cumplimiento de parámetros detallados en los pliegos de especificaciones. Sin embargo, existen casos en los que los resultados del control de calidad no están disponibles de forma inmediata, más por el contrario, se debe esperar una cierta cantidad de tiempo. Tal es el caso del hormigón, el cual para poder obtener resultados de su resistencia mínima de forma apropiada, debe esperarse, luego de un periodo de curado de probetas de 28 días, para poder realizar el ensayo correspondiente.



Figura 8. Ensayo de rotura de una probeta de hormigón. (García F., 2014)

Dependiendo de las circunstancias, la demora en la obtención de los resultados de los ensayos de calidad puede generar retrasos en la obra. Para eliminar este problema, es posible acudir a la IA para que de forma efectiva se pueda hallar una solución satisfactoria: es posible desarrollar en la actualidad, modelos computacionales de alta precisión, dichos modelos pueden ser capaces de predecir los resultados de los ensayos con una gran precisión partiendo de datos como la dosificación real empleada en obra, la consistencia del hormigón y la rotura preliminar de probetas a los 7 días.

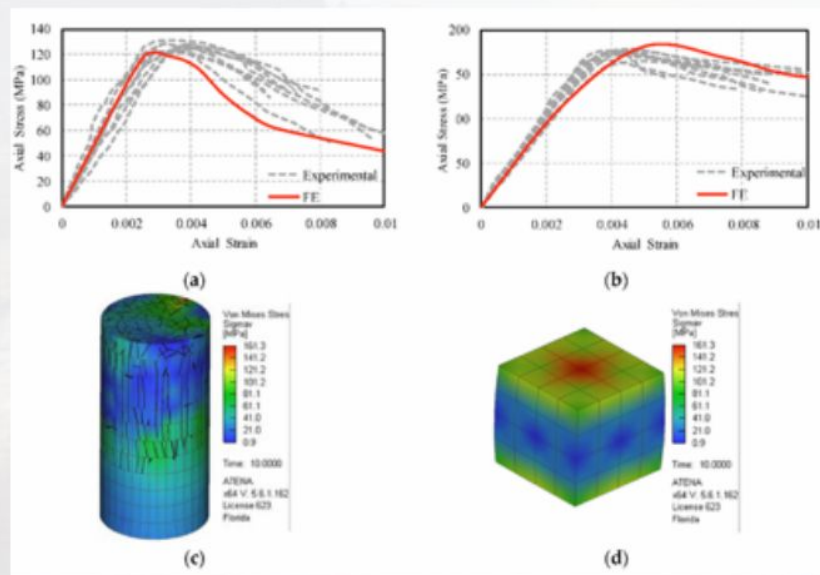


Figura 9. Simulación de ensayos en probetas de hormigón para estimar su resistencia. (García F., 2014)

MODELACIÓN DEL DETERIORO EN TUBERÍAS DE AGUA POTABLE

El deterioro en las tuberías de agua potable ha sido tema de investigación durante los últimos veinte años y ha ido tomando cada vez mayor relevancia puesto que cada vez son más frecuentes las roturas de tuberías causando pérdidas de agua potable y contaminación de la red. La IA ha ido abriéndose paso durante los últimos años para modelar el proceso de deterioro en una tubería y sorprende la precisión que tiene para este cometido, sin embargo, el conocimiento de estas nuevas técnicas, aún no se está implementando en los libros, ni en la formación de los nuevos ingenieros.

Los modelos de IA son capaces de tomar en cuenta las imprecisiones, incertidumbres y ambigüedades que los modelos tradicionales (estadísticos, probabilísticos y determinísticos) no son capaces de sortear. Por otra parte, los algoritmos de IA son capaces de trabajar con imágenes por medio de diferentes técnicas entre las que se puede citar: redes neuronales artificiales, sistemas de inferencia difusa, sistemas neurodifusos, algoritmos genéticos, soporte de vectores, y muchos otros. Con el procesamiento de imágenes la IA es capaz de extraer de una fotografía o video datos, detectar objetos y remarcar sectores; con toda esta capacidad, es posible detectar y evaluar los defectos presentes en una infraestructura.

La IA han contribuido de gran manera a la gestión de la infraestructura de agua potable a través de diferentes conceptos, procesos y modelos:

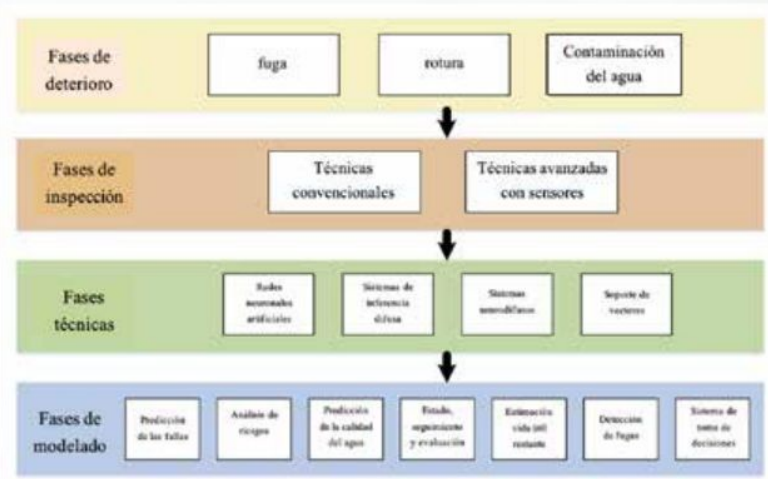


Figura 10. Modelado de infraestructura de agua potable asistido por IA. (Dawood et al., 2020)

MANTENIMIENTO ESTRUCTURAL

En estructuras grandes, tales como puentes, el monitoreo de los componentes estructurales es una de las tareas más importantes para el mantenimiento y operación de las mismas. Sin embargo, es también importante el monitoreo de los elementos mecánicos y componentes eléctricos en aquellos puentes que tengan algún tipo de movilidad. Por ejemplo, Catbas et al. (2016) propusieron un algoritmo de aprendizaje automático (machine learning), capaz de procesar una gran cantidad de datos recogidos de los elementos mecánicos del puente Sunrise Bridge en Florida, EEUU. Para poder monitorear las condiciones de funcionamiento de algunos elementos mecánicos tales como piñones y cremalleras, fueron instalados acelerómetros que puedan medir sus vibraciones. Esta metodología de control contempla dos fases: entrenamiento y monitoreo. La fase de entrenamiento consiste en la aplicación de conceptos estadísticos como análisis de correlación de datos y regresión de datos, con esos análisis estadísticos se obtienen modelos de comportamiento. En la fase de monitoreo, se procuran detectar comportamientos anormales de los mecanismos comparando los datos obtenidos en tiempo real con los modelos estadísticos de la anterior fase.

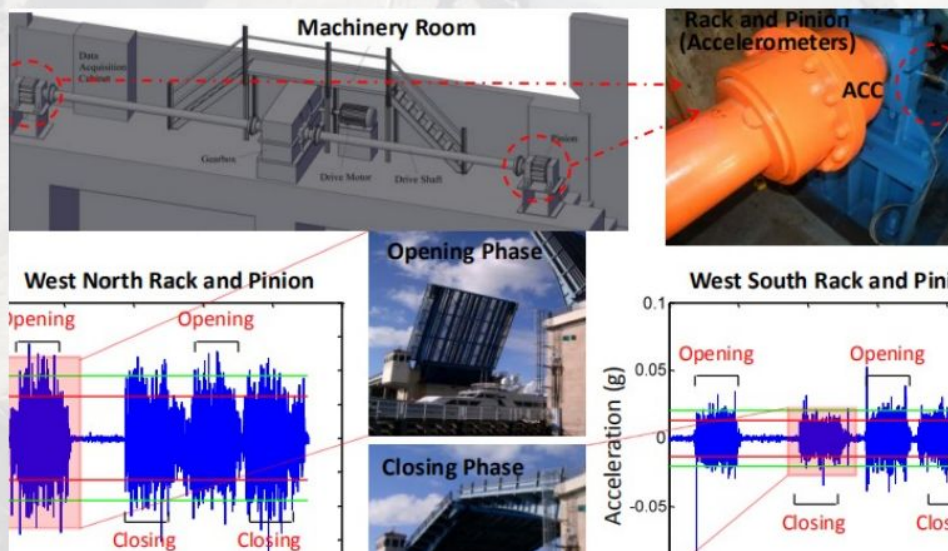


Figura 11. Monitoreo del piñón y cremallera del mecanismo del puente levadizo Sunrise Bridge en Florida, puede apreciarse las vibraciones obtenidas con acelerómetros instalados en el mecanismo. (Catbas y Malekzadeh, 2016)

Otra técnica que va tomando relevancia gracias a la IA, es el monitoreo de la salud de una estructura. Un ejemplo se puede ver en la manera en como se monitorea los puentes atirantados, este tipo de puente tiene unas características dinámicas interesantes, ya que, mientras están en servicio y los vehículos los van atravesando, cada puente atirantado presenta patrones de vibración que pueden ser un fiel indicador de su estado. Sin embargo, algunos factores como las condiciones de operación y las condiciones ambientales, pueden causar grandes distorsiones en la respuesta dinámica de este tipo de puentes. No obstante Pan, Azimi, Yan et al. (2018) pudieron realizar una investigación apoyándose en técnicas de Machine Learning, para poder desarrollar un algoritmo de IA capaz de eliminar las distorsiones en los datos, para así poder realizar un diagnóstico estructural y detectar zonas que preseten daños, así como también verificar el estado de los cables de un puente atirantado.

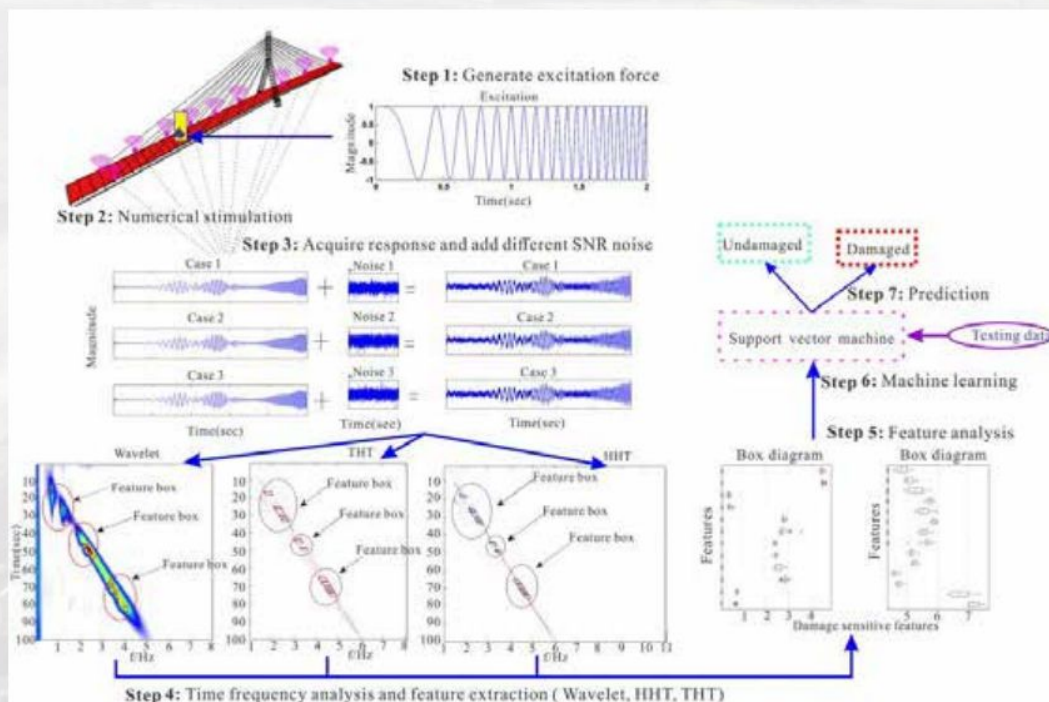


Figura 12. Manejo de datos (vibraciones) basado en Machine Learning para el diagnóstico del estado de un puente atirantado (Pan, Azimi, Yan et al., 2018)

En la actualidad, los teléfonos inteligentes están casi omnipresentes en todos los países casi sin excepción, y justamente cada teléfono inteligente viene equipado con un acelerómetro el cual es capaz de percibir cuando el teléfono se encuentra en posición vertical, inclinada, recostada, etc. Pese a que esos acelerómetros son sensores que no tienen mucha precisión, pueden ser capaces de proporcionar información valiosa si se las pone al servicio del monitoreo de una estructura. En efecto, Matarazzo, Santi, Pakzad et al. (2018) desarrollaron una aplicación informática para el puente Harvard, demostrando que las aceleraciones recogidas con teléfonos inteligentes ubicados en vehículos en movimiento atravesando dicho puente, contenían indicadores importantes sobre los primeros tres modos de vibración del puente, todo el procesamiento de esta gran cantidad de información recolectada por los acelerómetros de los teléfonos inteligentes, no hubiese sido posible sin la asistencia de la IA en su rama de Machine Learning y Big data. Dichos resultados permitieron a los gobiernos locales recolectar datos sobre las vibraciones de los puentes a bajos costos, es decir, sin requerir el uso de instrumentos especializados de costos elevados.

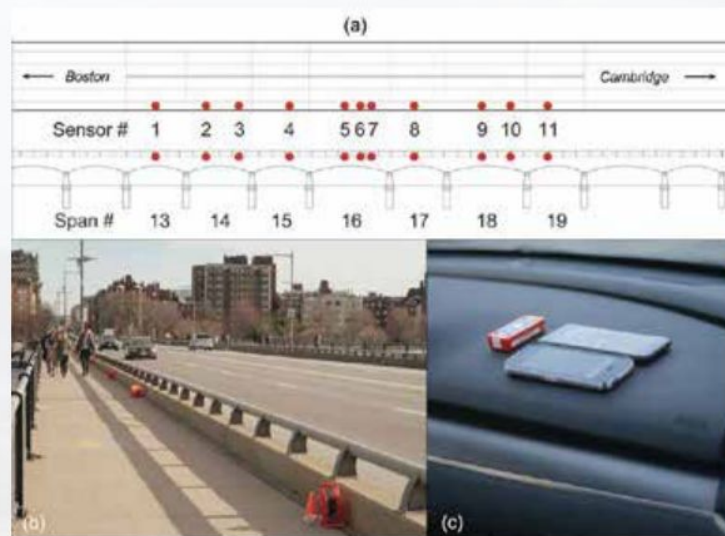
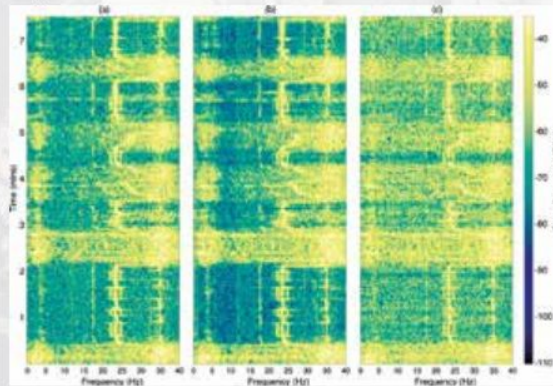


Figura 13. (a) Vista en planta y elevación del puente Harvard. (b) Sensores fijos ubicados en el puente. (c) Teléfonos inteligentes ubicados en el tablero de un vehículo para medir las vibraciones a tiempo de transitar a través del puente. (Matarazo et al, 2018).

Figura 14. Imágenes procesadas con transformaciones de Fourier para visibilizar las



vibraciones (a) Vibraciones de referencia obtenidas por los sensores fijos. (b) Vibraciones obtenidas por teléfono inteligente ubicado en un automóvil en el carril de ida. (c) Vibraciones obtenidas por teléfono inteligente ubicado en el carril de vuelta. (Matarazo et al, 2018).

REFERENCIAS

Matarazo, T. et al., (2018) "Crowdsensing Framework for Monitoring Bridge Vibrations Using Moving Smartphones" en *Proceedings of the IEEE*. Vol. 106, número 4, Abril 2018, pp. 577-593.

Sofiat, O. et al., (2021) "Artificial Intelligence in the Construction Industry: A review of present status, opportunities and future challenges" en *Journal of Building Engineering*., número 44, Octubre 2021.

Pan, Y. y L. Zhang., (2021) "Roles of Artificial Intelligence in Construction Engineering and Management: A critical review and future trends" en *Automation in Construction*., número 122, Diciembre 2020.

Dawood, T. et al., (2020) "Artificial Intelligence for the Modeling of Water Pipes Deterioration Mechanism" en *Automation in Construction*., número 120, Agosto 2020.

Huang, Y.; Li, J. y F. Jiyang, (2019) "Review on Application of Artificial Intelligence in Civil Engineering" en *Computer Modeling in Engineering & Sciences*. Vol. 121, número 3, pp. 845-875.

García, F., (2014) "The Use of Artificial Intelligence on Construction Products Research" en *Industrial Engineering & Management*. Vol. 3, número 5.

Liu, J. et al., (2020) "Intelligent Rebar Layout in RC Building Frames Using Artificial Potential Field" en *Automation in Construction*., número 114, Marzo 2020.