

Desafío en la subrasante...

Unidad Ejecutora (UE)

INVEST-Honduras

País

Honduras

Número de Proyecto BID

BID 2155/BL-HO CORREDOR AGRÍCOLA / SECCIÓN V: EL CARBÓN - BONITO ORIENTAL

AUTORES

Nombre completo

Primer autor

Esther Alemán

Rol en la UE

Primer autor

Directora Adjunta

Correo electrónico

Primer autor

ealeman@mcahonduras.hn

Nombre completo

Segundo autor

Luis García

Rol en la UE

Segundo autor

Especialista en Infraestructura Vial

Correo electrónico

Segundo autor

lgarcia@mcahonduras.hn

Nombre completo

Tercer autor

Orly Ardila

Rol en la UE

Tercer autor

Especialista en Comunicación Social

Correo electrónico

Tercer autor

oardila@mcahonduras.hn

CASO

Resumen del caso

INVEST-Honduras asumió la implementación del Programa Corredor Agrícola a finales de 2012. Las obras de construcción de la Sección V: Santa María del Carbón - Bonito Oriental iniciaron en marzo de 2015. El desafío se presentó cuando al hacer las labores de recolección de muestras de la subrasante, se encontró que las propiedades mecánicas de esta, no eran las planteadas en el diseño original, por lo que no era técnicamente factible implementar la estructura del pavimento contratada que consistía en la estabilización con cemento de dicha subrasante. La solución implementada fue la sustitución de la subrasante estabilizada con cemento, por la estabilización mecánica de la base triturada con la colocación de una geomalla triaxial por debajo de la misma, en un proyecto de pavimentación con una longitud de 45.67 kilómetros... innovación tecnológica implementada y validada por primera vez en Honduras y Latinoamérica.

"Tweet" que resume el aprendizaje de enfrentar el desafío o introducir la innovación:

La introducción de nuevas tecnologías en el mercado de la infraestructura vial provoca resistencia entre todos los involucrados y requiere un alto compromiso gerencial con la innovación para impulsarlas y transformar los paradigmas.

¿Cuál es el desafío o la innovación que forma la base del caso a narrar?

Desafío: No se encontró en campo las propiedades mecánicas de la subrasante que fueron planteadas en el diseño original del proyecto, por lo que no era técnicamente factible implementar la estructura del pavimento estipulada en el mismo. Innovación: Aplicación de una tecnología innovadora en un proyecto de pavimentación con una longitud de 45.67 kilómetros, mediante la sustitución de una subbase estabilizada con cemento, por la colocación de un refuerzo con una geomalla triaxial, debajo de la base triturada.

¿Cuál de las siguientes temáticas mejor describe el tipo de desafío que se enfrentó o el tipo de innovación que se introdujo?(seleccione máximo 3)

Presupuesto del Proyecto | Diseño del proyecto | Planificación, monitoreo y evaluación

En caso de seleccionar "Otro", por favor indicar cual

N/A

Describa en detalle el contexto del proyecto

¿Qué problemática u oportunidad motivó la preparación del proyecto? ¿en qué año(s)? ¿qué pretendía lograr el proyecto?

El Corredor Agrícola es una vía de 416 kilómetros que conecta la zona central del país con la nororiental, específicamente desde Tegucigalpa, capital de Honduras, hasta Puerto Castilla, ubicado en el mar Caribe, al que se desea potenciar para la exportación de productos nacionales. Además de la integración regional del país, el objetivo de pavimentar el Corredor Agrícola fue la mejora sostenible de las condiciones de transporte de pasajeros y de carga, la reducción de los costos vehiculares, la reducción de tiempos de viaje y, la mejora de las condiciones de vida de las poblaciones que atraviesan en los departamentos de Olancho y Colón. El proyecto Sección V: Santa María del Carbón - Bonito Oriental, parte del Corredor Agrícola, con una longitud de 45.67 kilómetros y un tipo de pavimento de doble tratamiento superficial bituminoso, inició en la comunidad Pech de Santa María del Carbón, en el municipio de San Esteban, departamento de Olancho, y terminó en la aldea El Carbonal en el municipio de Bonito Oriental, en el

departamento de Colón. Las obras finalizaron en mayo de 2017 con una duración total de 26 meses. La intervención incluyó obras de estabilización y contención de taludes, mejoramiento del sistema de drenaje, limpieza de alcantarillas, control de erosión, señalamiento horizontal y vertical y, obras de seguridad vial para el control de la velocidad y protección a los usuarios de la carretera. Gracias a la construcción de esta sección se ha logrado la reducción en un 66% del costo vehicular entre Gualaco y Bonito Oriental para un vehículo liviano y de un 20% para un autobús de pasajeros. De igual forma, se redujo dos horas 15 minutos el tiempo de viaje entre estas dos poblaciones incrementándose el número de vehículos que circulan por esta vía. El Programa Corredor Agrícola generó empleo local con lo que se cumplió el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las poblaciones aledañas a la vía. Adicionalmente, se constituyeron tres Microempresas Asociativas de Conservación Vial (MEACV) conformadas por miembros de las comunidades indígenas Pech, como parte de la intervención social en la zona. En la parte ambiental se dio cumplimiento a través de una estrategia, a la Salvaguarda de Conservación del Hábitat del Colibrí Esmeralda en el Valle de Agalta, lográndose la protección de una especie endémica en peligro de extinción. Por todos estos beneficios citados, el programa Corredor Agrícola pasó de ser un proyecto de pavimentación a un Proyecto Integral, por lo que el BID a través de su oficina de Planeación Estratégica y Efectividad en el Desarrollo, lo seleccionó como Proyecto Ejemplo 2014, por su contribución a los objetivos de efectividad en el desarrollo que el BID promueve.

Describe el desafío que se enfrentó o la oportunidad de innovación que se identificó

¿Cuál fue el momento crítico en que el desafío requirió la atención del equipo de proyecto? ¿Qué implicó para el avance del proyecto? ¿Cuál fue la oportunidad de innovación que se identificó? ¿Cómo se beneficiaría el proyecto de la innovación?

El diseño estructural del pavimento que fue licitado, consistía en una superficie de rodadura con doble tratamiento superficial bituminoso, una capa de base triturada de 20 centímetros (cms) de espesor y un mejoramiento con cemento de la subrasante de 20 cms; esperando 1.8 millones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas, la estructura de pavimento fue diseñada con un número estructural mínimo SN=2.19 (SN, Structural Number, por su sigla en inglés). La especificación técnica especial ETE-12 Subrasante Mejorada con Cemento, especificaba en la Sección 12.05 Control de Calidad, lo siguiente: "El ensayo para determinar la aceptación del material mejorado con cemento, será la prueba de compresión axial no confinada, el porcentaje de cemento utilizado debe ser tal que garantice que el promedio de los ensayos de compresión axial no confinada den como resultado 350 libras por pulgada cuadrada (psi, por su sigla en inglés) en 7 días". Al inicio de la obra, se realizaron varias pruebas de compresión axial no confinada de la subrasante existente mezclada con cemento; en los casos en que la subrasante existente presentó deficiencias en sus propiedades físicas como granulometría, plasticidad y CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California), las pruebas se ejecutaron mezclando la subrasante existente con material de bancos de préstamo, para determinar el porcentaje de cemento a ser utilizado y poder obtener los 350 psi que se requerían según lo especificado. Las pruebas de compresión axial se realizaron con probetas con porcentajes de 3%, 5% y 7% de cemento, sin llegar a obtener los 350 psi requeridos en la ETE-12. Por lo general, los porcentajes ideales para estabilizar los suelos, suelen ser no mayores del 6%, ya que al aumentar este valor, no se obtienen mayores incrementos en la resistencia en el ensayo de compresión axial, así mismo no es recomendable construir capas muy rígidas ya que son sensibles al agrietamiento, existiendo además un incremento de costos sin valor agregado de ninguna clase. Ante tal situación, INVEST-Honduras se encontró ante tres posibles opciones: La primera y segunda opción que implicaban costos adicionales, consistían en incorporar una capa de subbase granular o la sustitución del doble tratamiento superficial por una capa de concreto asfáltico. Y la tercera, que consistía en la estabilización mecánica con geomalla triaxial de la base triturada que no implicaba costos adicionales al proyecto. Ante el desafío y la posibilidad de solución a través del uso de una tecnología innovadora que mantenía al proyecto dentro de la triple restricción de alcance, costos y tiempo más la oferta de una mejor calidad, la Unidad Ejecutora decidió tomar una medida no convencional para el sector infraestructura en el país, finalmente implementando la utilización de una geomalla triaxial.

Describe la solución (ó la innovación) planteada

¿Cómo surge la solución (o mejora) planteada? ¿cómo se implementó? ¿por qué se considera innovadora?

Ante el desafío presentado y después de revisar las opciones, se decidió sustituir la estabilización química de la subrasante, por la estabilización Mecánica de la Base Triturada (MSL, Mechanically Stabilized Layer); colocando debajo de la base una geomalla triaxial TX-5, con lo cual se obtuvo un incremento del valor de los ejes equivalentes, lo que mejoró el desempeño de la estructura del pavimento en el período de vida útil diseñado. La justificación técnica para el cambio, fue que el diseño original se calculó para un tráfico de 1.8 millones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas, con seis años de vida útil y, con el diseño de la nueva propuesta presentada, se calcularon 3.8 millones de ejes equivalentes, siendo el doble de ejes equivalentes del diseño original; incrementando el número estructural a SN=2.49. El incremento del número estructural, se atribuye a un mayor valor del coeficiente de aporte de capa de la base triturada mecánicamente estabilizada con la geomalla triaxial, el cual se incrementa de un valor $a_2=0.1378$ a un valor de la Relación del Coeficiente de Capa (LCR, Layer Coefficient Ratio) $a_2=0.236$, debido al funcionamiento conjunto de la grava con la geomalla. Adicionalmente, en el análisis se consideró que como valor agregado, el uso de la geomalla triaxial reduce la contaminación del medio ambiente, producto de la reducción del uso de maquinaria y equipo de construcción durante el proceso de instalación de la misma. Todo lo anterior fue basado en la Metodología AASHTO R50-09, la cual recomienda lo siguiente: "Sección 5. Resumen del Método de Diseño, 5.2. Los procedimientos de diseño usan parámetros de entrada regularmente derivados experimentalmente, que son entonces específicos del geosintético. Por lo tanto, los diseños de ingeniería computarizados y los beneficios económicos no son fácilmente trasladables a otros geosintéticos. Los usuarios de este documento son motivados a afirmar sus diseños con verificaciones de campo del desempeño del pavimento reforzado, tanto en el diseño de ingeniería como los beneficios económicos". En seguimiento de la metodología, el plan de verificación se realizó entre los días 10 al 12 de mayo de 2016, consistiendo en 21 ensayos dinámicos para medir los módulos resilientes in situ a largo plazo y deformaciones de las capas granulares de la estructura de pavimento. Dichos ensayos fueron realizados por primera vez tanto en Honduras como en Latinoamérica, con el equipo Automated Plate Load Test (APLT, por su sigla en inglés), el cual fue desarrollado y patentado por los doctores en ingeniería David J. White y Pavana Vennapusa, en la Universidad Estatal de IOWA, Estados Unidos de América. El módulo promedio de la capa mecánicamente estabilizada se encontró del orden de un 49% por encima del valor considerado en el diseño, pasando de 513 megapascasles (MPa) a 766 MPa. En los 21 puntos de ensayo analizados, se obtuvieron valores iguales a 10 millones de ejes equivalentes a 8.2 toneladas, superando el diseño original que era de 1.8 millones de ejes equivalentes, es decir cinco veces más de lo originalmente diseñado, lo cual demuestra un aumento en la vida útil del proyecto. La validación in situ con la APLT es parte de la aplicación de la Norma AASHTO R 50-09, (Numeral 7. General Design Steps), lo que se realizó por primera vez en América Latina y, en razón de su importancia, los resultados de la evaluación de esta innovación en Honduras fueron presentados en el artículo "In situ performance verification of geogridstabilized aggregate layer: Route-39 El Carbón-Bonito Oriental, Honduras case study", publicado en la revista International Journal of Pavement Engineering, 2018.

Impacto

¿Cómo impactó esta solución (o la innovación) el desempeño del proyecto? ¿Qué resultados se lograron?

1. El diseño original fue calculado para un tráfico de 1.8 millones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas. Los cálculos iniciales de la solución innovadora fueron 3.8 millones de ejes, pero luego, al hacer la validación in situ con la maquina verificadora Automated Plate Load Test (APLT), se obtuvieron valores iguales a 10 millones de ejes, por lo que se logró un resultado de cinco veces más que lo originalmente contratado. 2. La implementación de esta innovación, se ejecutó dentro de los límites presupuestarios establecidos en el proyecto. 3. Por primera vez en Honduras y en América Latina, se utilizó esta tecnología innovadora, en un proyecto de pavimentación con una longitud de 45.67 kilómetros, presentándose como una nueva alternativa para proyectos de infraestructura vial en la región. 4. Por su importancia, los resultados de la validación de esta tecnología fueron presentados en el artículo "In situ performance verification of geogridstabilized aggregate layer: Route-39 El Carbón-Bonito Oriental, Honduras case study", publicado en la revista International Journal of Pavement Engineering, 2018. Además, INVEST-Honduras se hizo acreedora a un reconocimiento público internacional como Leadership on Roadways Innovation Award – First APLT Validation on a Tensar Triax MSL in Latin America, mención honorífica por implementación innovadora y validación in situ de capa de base mecánicamente estabilizada con geomallas triaxiales en el proyecto. 5. Con la implementación de esta tecnología se redujo la contaminación ambiental en el área de influencia, producto de la disminución en el uso de maquinaria y equipo de construcción. Además, se redujo la extracción de materiales de canteras y aluviales. 6. La validación de la aplicación de la tecnología se realizó bajo las especificaciones de la Norma AASHTO R50-09 por primera vez en América Latina, lo que representa un paso adelante en la adopción de innovaciones en la infraestructura vial de Honduras.

Lecciones

¿Qué se aprendió a partir de esta experiencia? ¿Qué consejo daría a los que preparan o implementan futuros proyectos, con base en la experiencia de este caso?

1. La introducción de nuevas tecnologías en el mercado de la infraestructura vial, provoca resistencia entre contratistas, supervisores y otros

involucrados, por lo que se requiere un alto compromiso gerencial con la innovación para impulsar estas alternativas. 2. Los paradigmas en el sector construcción son transformados por los resultados exitosos de las evidencias científicas de las validaciones. 3. Se recomienda considerar esta tecnología innovadora, como una alternativa en los estudios de diseño de pavimentos. 4. Se sugiere a los expertos del área de ingeniería de pavimentos, capacitarse en la aplicación de tecnologías como esta, eliminando así las barreras hacia la innovación.