

## INTRODUCCIÓN

### ➤ **Antecedentes**

La tecnología de los pavimentos se ha desarrollado principalmente en torno a las estructuras de tipo flexible, con capas asfálticas como superficie de rodamiento, las cuales han experimentado con el tiempo innovaciones en cuanto a materiales y espesores para incrementar su resistencia, antes que recurrir a soluciones con concreto para tal fin, pese a que hay casos en que claramente podría establecerse que la solución técnica y económica más adecuada sería un pavimento de tipo rígido.

Posiblemente han influido en lo anterior conceptos mal definidos, entre los que conviene señalar el costo, falta de equipos, carencia de experiencia, que estancaron el desarrollo de la tecnología de pavimentos de concreto en el país.

Puede mencionarse por otra parte, que esta situación se capta con mayor intensidad en el campo de aplicación de las carreteras, pues no es sino a partir del año 1996, que se inició con la construcción de los primeros pavimentos rígidos construidos inicialmente en las ciudades de Santa Cruz y en Cochabamba; posteriormente, se sumaron a estas iniciativas, la ciudad de Potosí, Tarija, La Paz y Oruro. Otras ciudades pequeñas también apostaron al pavimento rígido, como Yacuiba, Bermejo, Entre Ríos y Cobija que construyeron muchos miles de metros cuadrados de pavimento durable y aún continúan en la búsqueda de proyectos y financiamiento para nuevas necesidades demostrando que el pavimento rígido es la mejor opción de pavimentado, embellecimiento y modernización de una ciudad.

Adquirida la experiencia en estructuras viales y demostrando que el pavimento rígido es la mejor opción de pavimentado, se inicia con la búsqueda de nuevas aplicaciones del pavimento rígido, desarrollándose así la construcción de estacionamientos y pisos industriales.

Inicialmente la información con la que se contaba para este tipo de aplicación era insuficiente para realizar adecuadamente la función a la que estaban destinadas, por lo que los constructores se veían forzados a estimar cargas de diseño o hacer conjeturas sobre la función prevista.

Con el paso de los años, se fue perfeccionando y mejorando los procedimientos de cálculo y construcción, llegando así a obtener a través de estudios y prácticas, mejor diseño, especificaciones y mejor tecnología.

Algunos de los diseños de los pavimentos en pisos industriales fueron: La bodega de almacenamiento de partes para vehículos en Australia, La Planta de vidrios en Ingleburg - Australia, el Laboratorio Alcón en Argentina, La planta Bayer en Argentina y El centro de distribución de Nestlé en Chile.

En Bolivia, el caso de pisos industriales y estacionamientos de pavimentos de concreto deja mucho que desear ya que no siempre ha estado en manos de especialistas, produciéndose deficiencias importantes en el conocimiento de los principios básicos de diseño, lo que ha ocasionado fallas prematuras en el diseño, ya que el proyecto se maneja en muchas ocasiones mediante la aplicación de recetas o recomendaciones prácticas, utilizando concretos convencionales.

Es conveniente señalar que en la gran mayoría de los casos no se cuenta con especificaciones y metodología adecuadas para el proyecto de los pavimentos de este tipo.

### ➔ **Justificación**

La situación actual boliviana en la construcción de estacionamientos y pisos industriales de pavimento rígido, muestra grandes deficiencias y una ausencia notable de conocimiento de los principios básicos de diseño; este problema, obliga a elegir las mejores alternativas de pavimentación, por lo que debemos instruirnos sobre el tema para aplicar las nuevas alternativas de construcción asegurando un soporte exitoso sin asentamientos ante la

presencia de cargas iguales o menores a las cargas de diseño. Para ello, el pavimento rígido surge como la mejor opción y la mejor decisión de inversión.

Las excelentes características de esta tecnología, tales como, un mínimo costo de mantenimiento, seguridad al usuario, menores costos de operación vehicular y gran durabilidad, permiten asegurar las inversiones realizadas.

El pavimento rígido se consolida como el líder, llegando a ser la alternativa número uno en cualquier proyecto de construcción de estacionamientos y pisos industriales, pues ya empezó a dar sus primeros frutos: es reconocida como la mejor tecnología en construcción de vías; es valorada como generadora de empleo, de ingresos y sobre todo de mejores condiciones de vida para aquellos sectores que toman buenas decisiones que no sólo solucionarán las grandes necesidades que tienen en el presente, sino que afectarán la vida de las futuras generaciones con mayor bienestar, progreso y confianza al momento de asegurar las inversiones realizadas.

La experiencia en el diseño y construcción de losas de concreto para estacionamientos y pisos industriales en los países vecinos revolucionaron la construcción industrial, demostrando la efectividad del pavimento rígido, desarrollando y mejorando la resistencia al desgaste y al impacto de pavimentos sometidos a condiciones severas.

Cumplir con las demandas de la industria boliviana, donde muchas de las instalaciones fabriles, mineras, talleres de mantenimiento e industriales en general, demandan requerimientos de resistencia a la abrasión y desgaste que económicamente no se puede cumplir con una simple solera de hormigón, es así que los pavimentos de estacionamientos y pisos industriales ofrecen especificaciones acordes a los requerimientos de servicio de aplicación específica, durabilidad a largo plazo que rentabiliza la inversión inicial durante su vida útil.

Los pavimentos de los estacionamientos y pisos industriales son superficies construidas en áreas internas o a la intemperie encontrándose expuestas a constantes agresiones químicas

como son las producidas por derrames de aceites, carburantes, restos de líquidos de freno o refrigeración, ácidos, gases de dióxido de carbono y las condiciones climáticas como la humedad, lluvia, cambios térmicos y la radiación UV que forman un ambiente corrosivo, cuyos efectos empeoran al pavimento.

El pavimento de estacionamientos y pisos industriales es la única superficie que no puede eliminarse, es la vía de la producción, las mercancías transitan por ella, desde la que se cargan productos, sobre la que se derraman líquidos, donde por las condiciones del servicio es sometida a distintos tipos de abusos que pueden ir desde moderados a pesados como ser altos impactos causada por la caída de objetos y tránsito pesado como maquinaria.

Los beneficios que se obtiene al emplear pavimentos de estacionamientos y pisos industriales son evitar tiempo de inactividad, que sufra interrupciones, reducir los costos de mantenimiento al mínimo, mantener una apariencia estética atractiva, acabado resistente al desgaste creando un ambiente de seguridad que preserve la estructura y proteger el total de la inversión son aspectos vitales para que permanezca en servicio de manera duradera y continua.

## ➤ **Objetivos**

### ➤ **Objetivo General**

Realizar un análisis sobre el dimensionamiento de pavimentos rígidos para estacionamientos y pisos industriales aplicando metodologías establecidas, las cuales puedan ser aplicadas en nuestro medio para obras donde se tenga la necesidad de este tipo de pavimentos. Elegida la metodología más adecuada a nuestro medio, realizar una aplicación práctica que demuestre la aplicabilidad de la misma.

### ✦ **Objetivos Específicos**

- Analizar los aspectos generales de los pavimentos rígidos en lo que se refiere a sus características, propiedades, tipología y procesos constructivos.
- Analizar los principios en el dimensionamiento de pavimento rígidos en estacionamientos y pisos industriales.
- Establecer las características y especificaciones de los componentes de los pavimentos rígidos para estacionamientos y pisos industriales con sus respectivas particularidades.
- Determinar las características de la zona en estudio.
- Cuantificar los parámetros de diseño necesarios para el estudio de los pavimentos rígidos en pisos industriales y estacionamientos.
- Caracterizar los tipos de cargas en estacionamientos y pisos industriales, además de otros parámetros.
- Estudiar diferentes metodologías para el dimensionamiento de pavimentos rígidos especiales para pisos industriales y estacionamientos. La metodología aplicada será a través de la Asociación del Cemento Portland (PCA).
- Aplicar metodologías establecidas las cuales puedan ser aplicadas en nuestro medio, en obras que tengan esta necesidad de pavimento.
- Analizar el proceso de dimensionamiento de la geometría de losas, espesor de losa, juntas y el tipo de hormigón, de acuerdo a la tipología establecida.

## ➔ **Alcance**

Se tienen los antecedentes del tema en estudio a nivel internacional, así como nacional. El tema del proyecto está debidamente justificado, la justificación es técnica y profunda. Contiene el objetivo general y objetivos específicos, los medios y la metodología a ser desarrollada.

Describir el conjunto de capas y los elementos que constituyen los pavimentos rígidos como ser las losas de concreto, capa subbase, capa subrasante, acotamientos, así también es indispensable establecer sus principales funciones y comportamiento que depende de la calidad y del tipo de materiales.

Además de los elementos que constituyen un pavimento rígido se hará mención de las características estructurales y funcionales de las losas que dependen fundamentalmente de su espesor y de la calidad del concreto empleado.

Se realizará la tipificación de los pavimentos de concreto utilizados en losas y de sus principales características, ya que constituye el elemento de mayor responsabilidad estructural y funcional, teniendo las capas inferiores, como la subbase y la capa subrasante, la función de asegurar un apoyo uniforme y estable al pavimento.

Se debe conocer los principios y componentes de los pavimentos rígidos para estacionamientos y pisos industriales. De los componentes del pavimento rígido que se hará mención de la subrasante, su función y características, la resistencia del conjunto base subrasante, capa base o sub base y finalmente la capa de rodadura.

Se estudiará los elementos que constituyen el pavimento rígido para estacionamientos y pisos industriales como ser el acero de refuerzo en la losa y su propósito ya que su presencia tendrá como consecuencia un mejor desempeño que aquellas losas que no se refuerzan. Se estudiará también la transferencia de carga que podemos definir como la

habilidad de la junta de transferir una parte de la carga aplicada de uno al otro lado de la junta.

Se deberán establecer los parámetros de dimensionamiento como ser cargas de vehículos, del cual es necesario conocer la carga de eje máxima, número de repeticiones de carga, área de contacto de la llanta. De las cargas de racks, se debe conocer la carga máxima de poste, área de contacto de la carga, espaciamiento entre postes y otros parámetros.

Se indicará los procedimientos de diseño, métodos y procesos de dimensionamiento de la losa y carga en poste para pisos industriales o estacionamiento para luego realizar la valoración de los resultados.

La parte principal del estudio es la aplicación y materialización del contenido teórico del proyecto, será realizado aplicando metodologías establecidas las cuales puedan ser aplicadas en nuestro medio, en obras que tengan esta necesidad de pavimento; una vez establecido el lugar de estudio se procederá a caracterizar los tipos de cargas en estacionamientos, pisos industriales, además de otros parámetros.

Existen diferentes metodologías para el dimensionamiento de pavimentos rígidos especiales para pisos industriales y estacionamientos. La metodología empleada para el desarrollo del tema será a través de la Asociación del Cemento Portland (PCA).

Se iniciará con el proceso de dimensionamiento de la geometría de losas, espesor de losa, juntas y el tipo de hormigón, de acuerdo a la tipología establecida.

Las conclusiones serán los resultados a los objetivos planteados, los cuales se determinarán una vez realizada y finalizada la aplicación práctica.

Las recomendaciones deberán nacer de la experiencia de la realización del proyecto.

## ➤ Medios y Metodología

Para iniciar con la elaboración del proyecto será necesario realizar la investigación del suelo de la subrasante de los lugares en estudio, con el propósito de conocer las propiedades de los materiales que lo constituyen, las exploraciones se practicarán mediante pozos a cielo abierto, preferentemente hasta una profundidad del orden de los sesenta centímetros bajo el nivel del terreno natural, de donde se obtendrán muestras representativas a las cuales se efectuarán los ensayos necesarios para conocer el valor relativo de soporte CBR; conociendo dicho valor, se hará uso de tablas de correlación entre el valor relativo de soporte CBR y el módulo de reacción  $k$  de la subrasante, con la finalidad de conocer el módulo de la reacción  $k$  de la subrasante el cual es el principal parámetro necesario para el diseño de pavimentos rígidos.

Una vez constituido en el lugar de estudio se realizará la recopilación de los parámetros de dimensionamiento como ser:

- Cargas de vehículos; se debe conocer la carga de eje máxima, número de repeticiones de carga, área de contacto de la llanta, espacio entre ruedas, ancho de rueda y presión de inflado de la rueda de carga.
- Cargas de racks; se debe conocer la carga máxima de poste, área de contacto de la carga, espaciamiento entre postes, altura de postes.
- Cargas distribuidas; se debe conocer la carga máxima, área de contacto de la carga y otros parámetros.

Determinados los parámetros, la metodología empleada para el desarrollo del tema será a través de la Asociación del Cemento Portland (PCA); el cual es exclusivamente un método de diseño desarrollado para pavimentos de concreto.



El método de diseño de la PCA considera dos criterios de evaluación en el procedimiento de diseño, el criterio de erosión de la subbase por debajo de las losas y la fatiga del pavimento de concreto.

Los medios necesarios para la elaboración del proyecto son:

- Visitas de campo: En las cuales se realizará la recopilación de información necesaria para la aplicación del método de diseño, como también la provisión de muestras de suelos de los lugares en estudio.
- Trabajo de laboratorio: Donde se realizarán los ensayos de Contenido de humedad, Límites de Atterberg, Granulometría, Clasificación de suelos, Compactación y CBR.
- Trabajo de gabinete: En el cual se realizarán los cálculos para determinar los valores de los ensayos realizados, así como los cálculos para el dimensionamiento de pavimentos rígidos, a través, del método de la PCA para estacionamientos y pisos industriales de acuerdo a los tipos de cargas.