



UNIVERSIDAD
DON VASCO, A.C.

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727 – 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

DISEÑO DE PISO INDUSTRIAL DE ALTO DESEMPEÑO PARA
LA EMPRESA GLOBOS TRUCKING S. DE R.L. DE C.V. EN LA
CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACÁN

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Adrian Lievanos Castillo

Asesor: I.C. Sandra Natalia Parra Macías

Uruapan, Michoacán, a 04 de Enero del 2022.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

Introducción

Antecedentes	1
Planteamiento del problema	2
Objetivo	3
Pregunta de investigación	4
Justificación	4
Marco de referencia	5

Capítulo 1.- Concreto

1.1 Cemento	7
1.2 Agua	7
1.3 Agregados	8
1.3.1 Agregados Finos	9
1.3.2 Agregados gruesos	9
1.4 Aditivos	10
1.4.1 Químicos	11
1.5 Fundamentos del concreto	12
1.6 Mezclado	13

1.7 Consolidación	13
1.8 Curado y velocidad de secado	14
1.9 Resistencia	15
1.9.1 Modulo de ruptura	15
1.9.2 Resistencia a congelación	17
1.9.3 Resistencia al desgaste	17
1.10 Dosificación	17
1.11 Mezclado del concreto	18
1.12 Manejo y transporte	19
1.13 Colado y acabado	21
1.14 Concreto reforzado	22
1.15 Compatibilidad del concreto y el acero	24
1.16 Concretos de alta resistencia	24
1.17 Concretos reforzados con fibras	25
1.18 Acero de refuerzo	27
1.19 Introducción a las cargas	27
1.20 Cargas muertas	28
1.21 Cargas vivas	28

Capítulo 2.- Pisos industriales

2.1 Pisos industriales	30
2.2 Clasificación de pisos	30
2.3 Criterios de desempeño	33
2.4 Subrasantes y subbases	34
2.5 Suelos	35
2.5.1 Densidad	37
2.5.2 Índice de plasticidad	37
2.5.3 Suelos problemáticos	38
2.6 Preparación del terreno	39
2.7 Control de humedad barrera de vapor	40
2.8 Refuerzo	40
2.8.1 Fibras metálicas	41
2.9 Juntas	42
2.9.1 Juntas de aislamiento	43
2.9.2 Juntas de construcción	44
2.9.3 Juntas de contracción	44
2.10 Sellado de juntas	45

2.11 Mecanismo de transferencia	47
2.12 Colocado y acabado	47
2.12.1 Enrasado	48
2.12.2 Nivelación	49
2.12.3 Canteado	49
2.12.4 Aplanado	50
2.12.5 Allanado	51
2.13 Curado	51
2.13.1 Curado con agua	52
2.13.2 Cubiertas húmedas	53
2.13.3 Película de polietileno	53
2.14 Regularidad superficial	54
2.14.1 Sistemas de números F (Floor Numbers)	54
2.15 Imperfecciones superficiales	55
2.15.1 Agrietamientos	56
2.15.2 Agrietamientos por contracción plástica	56
2.15.3 Agrietamiento aleatorio sin patrón definido	57
2.15.4 Otras causas	58

2.16 Desprendimientos	. . . . .	58
2.17 Burbujas	. . . . .	59
2.18 Desportillamiento	. . . . .	59
2.19 Alabeo	. . . . .	60

Capítulo 3.- Macro y micro localización

3.1 Objetivo	. . . . .	61
3.1.2 Alcance del proyecto.	. . . . .	61
3.2 Resumen ejecutivo	. . . . .	61
3.3 Macro y micro localización	. . . . .	62
3.4 Medio físico local	. . . . .	67
3.4.1 Orografía	. . . . .	67
3.4.2 Hidrografía	. . . . .	67
3.4.3 Ecosistemas	. . . . .	68
3.4.4 Uso de suelo	. . . . .	68
3.5 Informe fotográfico	. . . . .	68
3.5.1 Estado físico actual	. . . . .	70
3.6 Alternativas de solución	. . . . .	77

Capítulo 4.- Metodología

4.1 Método empleado	78
4.1.1 Método matemático	79
4.2 Enfoque de la investigación	79
4.2.1 Alcance de la investigación	81
4.3 Diseño de la investigación	81
4.4 Instrumentos de recopilación de datos	82
4.5 Descripción del proceso de investigación	83

Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de resultados

5.1 Análisis de solicitaciones del piso	85
5.2 Valor relativo de soporte (VRS)	89
5.3 Diseño de la estructura del piso	93
5.3.1 Requerimientos del proyecto	93
5.3.2 Suelo de desplante	93
5.3.3 Propuesta de estructura de mejoramiento	94
5.3.4 Determinación de módulo de reacción efectivo	94
5.3.5 Espesor de la losa de concreto hidráulico.	95

5.3.6 Diseño por montacargas de eje sencillo	96
5.3.7 Diseño por cargas distribuidas	98
5.3.8 Estructuración propuesta	101
5.4 Especificaciones del proyecto	101
Conclusiones	103
Bibliografía	108

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

Para comenzar con la presente investigación se consultó la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C. con el propósito de buscar material referente a tesis ya publicadas sobre diseños de pisos industriales, llegando a la conclusión que en la biblioteca ya mencionada no se encontraron tesis que hablen sobre el tema que se abarcará.

Se realizó una búsqueda digital en las tesis del portal de la UNAM en la cual se encontraron las siguientes tesis:

“Construcción y protección de pisos industriales de concreto” publicada en el año de 1998 por Linares Ávila Emicel.

“Construcción de pisos industriales” publicada en el año de 2003 por Martínez Flores Baloys.

“Diseño y construcción de pisos industriales de concreto hidráulico” publicada en el año de 2003 por Juárez Gutiérrez Omar.

“Diseño y construcción de pisos industriales de concreto” publicada en el año de 2004 por Zapata Silva Erick Daniel.

“Pisos industriales reforzados con fibras de acero” publicada en el año de 2008 por Vences Landeros Valentín.

Por consiguiente, se concluye que ya existen investigaciones referentes a pisos industriales, pero en la ciudad de Uruapan, Michoacán, en la Universidad Don Vasco A.C. será la primera investigación que se realizará sobre este tema.

El concepto principal a analizar será el de pisos industriales los cuales se definen de la siguiente manera:

Un piso industrial según www.wikipedia.com es una superficie diseñada para soportar usos rudos y ataques físicos o químicos que un piso de condiciones normales no resistiría. Son morteros secos que se mezclan con aditivos líquidos que forman un recubrimiento cuya finalidad es proteger la superficie, ya sea de concreto o metálica, sus componentes básicos son resinas de poliuretano, agua y cemento.

El comité ACI 360 define a un piso industrial como, una losa continuamente soportada en el terreno, en el cual la carga total se distribuye uniformemente a razón del 50% de la capacidad de carga del terreno. Esta losa se considera como isotrópica, de espesor uniforme, plana y nivelada.

Planteamiento del problema.

¿Cuál sería el diseño óptimo de un piso industrial de alto desempeño?, actualmente la empresa Globos Trucking S. de R.L. de C.V. cuenta con un piso de concreto hidráulico dañado en su totalidad y no apto para soportar las cargas a las que es sometido por lo cual el desgaste del piso va en aumento exponencialmente con el paso del tiempo, debido a la actividad que realiza la empresa y a los

requerimientos de calidad e inocuidad requeridos por sus clientes, el piso en el estado que se encuentra es un foco de contaminación el cual tiene que ser eliminado, corregido y sustituir en su totalidad por un piso industrial. Para poder seguir compitiendo en el mercado actual debido a todas las normas y certificaciones que las empacadoras de aguacate solicitan a sus proveedores.

Objetivo.

Objetivo general:

Diseñar un piso industrial de alto desempeño que cumpla con las especificaciones que la empresa Globos Trucking S. de R.L. de C.V. requiere para seguir siendo una empresa competitiva que cumpla con altos estándares de calidad e inocuidad que son requeridos por sus clientes.

Objetivos particulares:

- 1) Elaborar una investigación de calidad que permita cumplir con el proceso de titulación.
- 2) Conocer las características específicas de los pisos industriales.
- 3) Diseñar pisos industriales de alto desempeño de la mejor manera.
- 4) Determinar la importancia de las bases y subbases.
- 5) Diseñar un piso con bajos costos de mantenimiento.
- 6) Conocer cuáles aditivos o materiales mejorar la calidad de los pisos.

Pregunta de investigación.

¿Cuál sería el diseño más adecuado de un piso industrial para la empresa Globos Trucking?

Justificación.

Actualmente en la zona de Uruapan, Michoacán y sus alrededores está repleta de empaques de aguacate los cuales en su mayoría exportan la fruta, y esta condición hace que las empacadoras estén en un proceso continuo de certificaciones que permiten controlar la calidad, la inocuidad y la seguridad de su mercancía para que los mercados extranjeros puedan seguir aceptando su fruta.

Debido a que la empresa Globos Trucking S. de R.L. de C.V. tiene como clientes al 80% de los empaques de la región estos solicitan las mismas certificaciones y mejoras que las que se les exigen a los empaques, por lo tanto, el diseño de un piso industrial de alto desempeño garantiza esos estándares de calidad e inocuidad requeridos por los empaques, haciendo así a Globos Trucking una empresa competitiva y de calidad que satisfaga las necesidades de sus clientes.

De igual manera resolver las dudas acerca de los pisos industriales de alto desempeño, diseño, características, reglamentaciones, mantenimiento y todos los datos necesarios para la creación de los mismos, así como lograr un proceso de titulación exitoso y poder proyectar de manera real lo investigado.

Marco de referencia.

La presente investigación tendrá lugar en la ciudad de Uruapan, Michoacán ubicada 19°25'16" N, 102°03'47" O a una altitud de 1620 msnm inmersa en el eje neo volcánico mexicano al centro-occidente del estado de Michoacán, tiene una extensión territorial total de 954.7 km². Limita con los municipios de Los Reyes, Charapan, Paracho, Nahuatzen, Tingambato, Ziracuaretiro, Taretan, Nuevo Urecho, Gabriel Zamora, Parácuaro, Nuevo Parangaricutiro, Tancítaro y Peribán.

El clima del municipio de Uruapan es uno de los más variados del estado de Michoacán. La zona norte tiene un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, en la zona central del municipio, la más elevada, tiene un clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano, en la misma zona central otro sector tiene clima semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, hacia el sur otra zona registra clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano y finalmente en el extremo sur del municipio el clima es clasificado como cálido subhúmedo con lluvias en verano.

La temperatura media anual del territorio también se encuentra dividida en tres zonas, la zona norte del municipio tiene un rango de 6 a 20 °C, la zona centro y sur tiene un promedio entre 10 y 27 °C, y finalmente dos porciones del extremo sur registran de 14 a 33 °C; el centro del municipio de Uruapan es una de las zonas que registran mayor promedio pluvial anual en el estado de Michoacán, superando los 1500 mm al año, hacia el norte y sur de esta zona el promedio va de 1200 a 1500 mm, y hacia el sur se suceden dos zonas más, donde el promedio es de 1000 a 1200 mm y de 800 a 1000 mm.

La principal actividad económica del municipio de Uruapan sin duda es el cultivo del aguacate, que ha sido llamado el oro verde de Michoacán. El gran auge de la producción de aguacate en el estado se dio a partir del año 1997 desde esta fecha el municipio ha exportado aguacate a los Estados Unidos siendo este el mayor consumidor de la producción uruapense alcanzando las 200 mil toneladas de un total de 300 mil toneladas exportadas al extranjero. En Michoacán se cultivan alrededor de 90 mil hectáreas de este producto.

Es impresionante la cantidad de empacadoras de aguacate que están funcionando en la actualidad con la más alta tecnología, para empacar el aguacate y enviarlo al mercado nacional, e internacional.

La empresa Globos Trucking S de RL de CV empresa 100 % mexicana dedicada desde 2009 a la comercialización y distribución de diferentes insumos para empaques de frutas y verduras. Localizada en la calzada la fuente No. 3000 en la colonia Lázaro Cárdenas en la ciudad de Uruapan, cuenta con un piso de concreto hidráulico en condiciones deficientes para sus propósitos, por lo cual necesita renovarlo por un piso industrial de alto desempeño.

CAPÍTULO 1

CONCRETO

En el presente capítulo se habla de los materiales que constituyen el concreto, sus características especiales, así como las especificaciones para la obtención de un concreto de calidad

1.1 Cemento.

El cemento es un material con propiedades adhesivas, que le dan la capacidad de unir fragmentos minerales para formar un todo compacto. Tiene la propiedad de fraguar y endurecer con la presencia de agua por medio de una reacción química denominada hidratación del cemento. Es por esto que dicho material debe de almacenarse de tal manera que pueda protegerse contra la humedad que pueda dar lugar a la reacción antes mencionada, ya que los cementos portland, de acuerdo con el ACI 325 (2009) son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos de calcio hidráulico.

1.2 Agua.

La cantidad y la calidad de agua de mezclado son dos aspectos que se debe de tomar en cuenta ya que, en la primera, se debe considerar la relación agua-cemento del concreto, debido a que la resistencia a la compresión se relaciona directamente con la relación antes mencionada. Cabe mencionar que la relación

que se elija para diseño de la mezcla debe ser el menor valor requerido promedio a la compresión que deber ser mayor al elemento.

En la segunda se debe considerar la calidad del agua ya que no debe de tener cantidades excesivas de sustancias orgánicas e inorgánicas que afecten las propiedades del concreto.

El agua de la mezcla debe de ser potable, de no serlo, se puede utilizar no potable si, produce a los 7 y 28 días, una resistencia de por lo menos el 90% de las resistencias obtenidas en mezclas similares, sometidas a pruebas internacionales.

1.3 Agregados.

Como menciona el ACI 325 (2009) los agregados son materiales naturales procesados o manufacturados, con propiedades físicas y mecánicas que afectan directamente al comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido. Las características físicas son la forma, la textura, el peso, etc. Las propiedades mecánicas son la resistencia a la compresión, a la abrasión, etc.

Existen dos características de importante influencia sobre el proporcionamiento de las mezclas de concreto, debido que afectan la trabajabilidad del estado fresco.

La granulometría que permite determinar si un agregado es factible para nuestra obra, buena calidad y económico, considerando que un agregado de buena

distribución requiere de menos cemento para ser cubierto. Así como la capacidad de compactación.

La segunda es la característica específica de la partícula, tamaño, textura, forma, porosidad, etc.

La importancia de utilizar agregados es vital para la mezcla debido a que al menos tres cuartas partes del volumen del concreto están ocupados por agregados finos y gruesos. Los agregados influyen directamente en la durabilidad y el comportamiento del concreto.

Se deberá de revisar la calidad y limpieza del material con que se trabajará para no afectar la relación agua-cemento.

1.3.1 Agregados finos.

“Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm. Material retenido en la malla No.200 y que pasa la malla No.4” (Merrit; 2008; 5.13)

1.3.2 Agregados gruesos.

“Los agregados gruesos consisten en gravas, comprenden tamaños nominales de partículas entre 4.75mm (malla No.4) hasta los fragmentos más grandes que son de 3”. El tamaño máximo del agregado no debe ser mayor a las

tres cuartas partes del espacio mínimo libre entre las varillas de refuerzo en pisos industriales, ni mayor de un tercio del espesor de la losa”. (Merrit; 2008;5.13)

1.4 Aditivos.

En la época actual los aditivos son una gran herramienta que adaptan las propiedades del concreto a las necesidades que una obra requiere. Como lo menciona el ACI 325 (2009) los aditivos son productos químicos de materiales orgánicos e inorgánicos, incluyendo minerales, en estado sólido o líquido, que se agregan a los componentes normales de la mezcla, en la mayoría de los casos hasta un máximo de 5% de la masa del cemento o materiales cementantes, dichos productos se puede agregar ya sea sobre el concreto fresco antes, durante o posterior al mezclado y tienen como propósito mejorar las propiedades físicas del concreto así como reducir los efectos de contracción por secado en algunos casos.

McCormac (2006), menciona los diferentes tipos de aditivos más convencionales que son clasificados en cinco opciones las cuales son los siguientes:

- Aditivos Incluidores de Aire, se usan principalmente para incrementar la resistencia del concreto al congelamiento y derretimiento, y proporcionan mejor resistencia al deterioro causado por las sales descongelantes.
- Aditivos acelerantes, como el cloruro de calcio, al concreto acelera el desarrollo de su temprana resistencia.

- Aditivos retardadores, se usan para retardar tanto el fraguado del concreto como los aumentos de temperatura, son útiles para grandes coladas donde existen grandes aumentos de temperatura.
- Aditivos superplastificantes, son hechos a partir de sulfonatos orgánicos, su uso permite a los ingenieros reducir considerablemente el contenido de agua en los concretos y al mismo tiempo incrementar sus revenimientos.
- Aditivos impermeables, se aplican a las superficies endurecidas de concreto, pero pueden agregarse también a las mezclas de concreto para ayudar a evitar la penetración del agua en los concretos porosos.

1.4.1 Químicos.

Todos los reductores de agua y combinaciones de aditivos deben proporcionar la ventaja adicional de un aumento en la resistencia de la compresión a edades del concreto menores a seis meses. Los aditivos retardantes son útiles para demorar el fraguado y prolongar el tiempo disponible para el acabado final en climas cálidos. Los acelerantes aumentan el índice de adquisición de resistencia en edades tempranas. Los de alto rango se utilizan para reducir de manera importante el contenido de agua en el concreto mientras se mantengan la consistencia y no produzca efectos indeseables en el tiempo de fraguado. También se utilizan para incrementar el revenimiento sin la necesidad de modificar la relación a/c de la mezcla original con el fin de tener mayor facilidad de colocación.

1.5 Fundamentos sobre el concreto.

Básicamente el concreto de acuerdo con Kosmatka, y Panarese (2004), es una mezcla de dos componentes agregados y pasta, la pasta, compuesta de cemento portland y agua une a los agregados (arenas y gravas) para formar una masa semejante a una roca puesto que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua.

La calidad del concreto depende de gran medida de la calidad de la pasta, en un concreto elaborado adecuadamente cada partícula de agregado está completamente cubierta con pasta y todos los espacios entre las partículas de agregado. Para cualquier conjunto específico de materiales y de condiciones de curado la calidad del concreto endurecido es determinado por la cantidad de agua utilizada en relación con la cantidad de cemento; ventajas que se obtienen al reducir el contenido de agua:

Se incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión; se tiene menor permeabilidad y mayor hermeticidad, así como menor absorción; se logra una mejor unión entre capas; se presenta menor cambio volumétrico; se reduce la tendencia al agrietamiento por contracción.

El concreto recién mezclado debe ser plástico o semifluido y capaz de ser moldeado a mano. En una mezcla de concreto plástico “todos los granos de arena y las piezas de grava o piedra quedan encajonados y sostenidos en suspensión, los ingredientes no están predispuestos a segregarse durante el transporte y cuando el

concreto endurece se transforma en una mezcla homogénea”. (Kosmatka y Panarese; 2004:3)

1.6 Mezclado

El autor antes mencionado señala que la secuencia de carga de los ingredientes en la mezcladora representa un papel importante en la uniformidad del producto terminado, sin embargo, se puede alterar esa secuencia y conseguir concreto de calidad. Otros factores importantes son el tamaño de la revoltura en relación al tamaño del tambor, el diseño, la configuración y el estado del tambor y las paletas.

“La facilidad de colocar, consolidar y acabar al concreto recién mezclado se denomina trabajabilidad” (Kosmatka y Panarese; 2004:3). El concreto debe ser trabajable pero no se debe de segregar ni sangrar excesivamente. “El sangrado es la migración del agua hacia la superficie superior del concreto recién mezclado provocada por el asentamiento de los materiales sólidos-cemento, arena y piedra dentro de la mezcla”. (Kosmatka y Panarese; 2004:3).

1.7 Consolidación.

La vibración pone en movimiento las partículas en el concreto recién mezclado, reduciendo la fricción entre ellas y dándole a la mezcla cualidades móviles de un fluido, la acción vibratoria permite el uso de una mezcla más dura que contenga mayor proporción de agregado grueso y una menor proporción de agregado fino. Con una consolidación adecuada las mezclas más duras y ásperas pueden ser empleadas, lo que tiene como resultado una mayor calidad y economía.

El vibrado mecánico tiene muchas ventajas, los vibradores de alta frecuencia posibilitan la colocación económica de mezclas que son fáciles de consolidar a mano.

1.8 Curado y velocidad de secado.

Es importante conocer la velocidad de reacción entre el cemento y el agua por que la velocidad determina el tiempo de fraguado y de endurecimiento, la reacción inicial debe de ser suficientemente lenta para que conceda el tiempo de transporte y colocación del concreto sin embargo una vez que el concreto ha sido colocado, es deseable tener un endurecimiento rápido.

Como menciona Kosmatka y Panarese (2004), el conocimiento de la velocidad de secado es útil para comprender las propiedades físicas del concreto, el concreto debe seguir reteniendo suficiente humedad durante todo el periodo de curado para que el concreto pueda hidratarse.

El tamaño y la forma de un miembro de concreto mantienen una relación importante con la velocidad de secado. Los elementos de concreto de gran área superficial en relación a su volumen (tales como losas de pisos) se secan con mucha mayor rapidez que los grandes volúmenes de concreto en áreas superficiales relativamente pequeñas. Muchas propiedades del concreto endurecido se ven afectadas por su contenido de humedad, en estas se incluye la elasticidad, flujo plástico, valor de aislamiento, resistencia al fuego, resistencia al desgaste, y durabilidad.

1.9 Resistencia.

La resistencia a la compresión se define como “La máxima resistencia medida de un espécimen de concreto a carga axial, que se expresa generalmente en kilogramos por centímetro cuadrados (kg/cm^2) a una edad de 28 días y se le designa con el símbolo $f'c$.”(Kosmatka, Panarese; 2004:5).

La resistencia a la compresión es fundamental y se emplea para cálculos de diseño de puentes, edificios y otras estructuras. El $f'c$ de uso más generalizado tiene una resistencia a la compresión de 210 y 350 kg/cm^2 .

1.9.1 Módulo de Ruptura. (MR)

De acuerdo con el criterio de los métodos internacionales para el diseño de losas soportadas sobre el terreno (AASHTO, PCA, elementos finitos, etc.), el concreto a emplearse en este tipo de losas será especificado en su resistencia a la flexión o módulo de ruptura (MR) como se conoce en México, en vez de la resistencia tradicional a la compresión ($f'c$) que es comúnmente usado en otro tipo de estructuras de concreto.

Lo anterior resulta más claro al entender que al someter la losa a cargas dinámicas (de vehículos o montacargas), los esfuerzos de flexión internos en una losa de concreto se encuentran más cercanos a su resistencia última a la flexión (MR), que los esfuerzos internos de compresión contra su resistencia última a la compresión ($f'c$).

El concreto profesional resistente a la flexión o MR, es el concreto ideal para las condiciones de carga más comunes en un piso industrial, como lo son las

constantes repeticiones de vehículos y montacargas, cargas uniformemente repartidas y cargas puntuales producto de las estructuras de racks o anaqueles típicas en áreas de almacén.

Módulos de Ruptura

- 38 kg/cm²
- 40 kg/cm²
- 42 kg/cm²
- 45 kg/cm²
- 48 kg/cm²

La resistencia a la flexión, para un concreto de peso normal se aproxima a menudo de 1.99 a 2.65 veces el valor de la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión.

El módulo de elasticidad denotado por el símbolo E se define como “la relación de esfuerzo normal a la deformación correspondiente para esfuerzos de tensión o de compresión por debajo del límite de proporcionalidad de un material, E fluctúa entre 140600 y 422000 kg/cm².”(Kosmatka, Panarese; 2004:6)

El concreto convencional, empleado normalmente en pavimentos y edificios tiene un peso unitario dentro del rango de 2240kg a 2400kg por metro cubico y este varía dependiendo de la cantidad y la densidad relativa del agregado, del aire atrapado y de los contenidos de agua.

1.9.2 Resistencia a congelación.

Del concreto se espera que tenga una vida larga y un mantenimiento bajo, debe de tener buena durabilidad para resistir condiciones de exposición anticipadas. El factor de intemperismo más destructivo es la congelación y el deshielo, el deterioro es provocado por el congelamiento del agua en la pasta, en las partículas del agregado o en ambos. El concreto con aire incluido es mucho más resistente a los ciclos de congelación, así como un concreto con relación agua-cemento baja es más durable.

1.9.3 Resistencia al desgaste.

Los pisos, pavimentos y estructuras hidráulicas están sujetos al desgaste por lo tanto el concreto debe de tener una resistencia elevada a la abrasión. Según Kosmatka y Panarese (2004), la abrasión o desgaste está estrechamente relacionada con la resistencia a la compresión, como dicha resistencia depende de la relación agua-cemento y del curado, una relación agua-cemento baja, así como un curado adecuado son necesarios para obtener una buena resistencia al desgaste.

1.10 Dosificación.

“La dosificación es el proceso de pesar o medir volumétricamente e introducir al mezclador todos los ingredientes para una mezcla de concreto” (Kosmatka y Panarese; 2004:103). Esto con la intención de producir concretos de mejor calidad, todos los ingredientes deberán de medirse de manera precisa en

cada mezcla, la dosificación se utiliza para concretos mezclados en una mezcladora continua y para ciertas obras especiales.

Las especificaciones generalmente exigen que los materiales se midan en revolturas individuales con los siguientes porcentajes de precisión: cemento 1%, agregados 2%, agua 1%, aditivos 3%, el equipo deberá de ser capaz de medir las cantidades dentro de esta tolerancia.

1.11 Mezclado del concreto.

Todo concreto debe ser mezclado completamente hasta que sea de apariencia uniforme con todos sus ingredientes distribuidos equitativamente, como mencionan Kosmatka y Panarese (2004), los mezcladores no deben ser cargados por encima de sus capacidades evaluadas y deberán de ser operados aproximadamente a la misma velocidad para la cual fueron diseñados.

Si las aspas del mezclador se han desgastado o se han recubierto con concreto endurecido, la acción de mezclado será menos eficiente, se deberán de cambiar las aspas muy desgastadas y el concreto endurecido deberá de ser removido periódicamente, de preferencia al terminar cada jornada de trabajo diaria.

En ocasiones el concreto se mezcla en el lugar de la obra en un mezclador estacionario, se encuentran disponibles en tamaños desde 56 litros hasta 9.2m³ y pueden ser del tipo basculante o fijo, todos deben de tener canalones de descarga.

El periodo de mezclado debe medirse desde el momento en que el cemento y agregado se encuentran en el tambor mezclador, a condición de que toda el agua se agregue antes de que transcurra un cuarto de tiempo de mezclado, bajo condiciones normales, hasta aproximadamente un 10% del agua de mezclado se debe colocar en el tambor antes de que se agreguen los materiales sólidos, dejando aproximadamente un 10% para agregarla después de que todos los materiales se encuentren dentro del tambor.

Si se utilizan aditivos retardantes o reductores deberán de agregarse en la misma secuencia del ciclo de carga, la adición del aditivo deberá completarse dentro del primer minuto después de que se haya completado la adición del cemento, si se van a utilizar dos o más aditivos deberán vaciarse por separado para que estos no se modifiquen y no altere de manera adversa la mezcla. El concreto premezclado se dosifica y se mezcla fuera del sitio de la obra y se entrega en el área de construcción en estado fresco y sin endurecer.

1.12 Manejo y Transporte.

Aunque no existe una forma perfecta para transportar y manejar el concreto, una planeación anticipada puede ayudar a la elección del método más adecuado evitando así la ocurrencia de problemas, como plantea Kosmatka y Panarese (2004), la planeación deberá de tener 3 aspectos a considerar que afectarían gravemente la calidad del trabajo terminado.

El primer punto son los retrasos, el objetivo que se persigue al planear cualquier calendario de trabajo, es producir el trabajo con la mayor rapidez contando con la mayor fuerza laboral y con el equipo adecuado para realizarlo, se lograra una productividad máxima si se planea el trabajo, así reducir tiempos, costos y problemas.

El segundo punto importante a considerar es el endurecimiento temprano, el concreto comienza a endurecer al momento en que se mezcla el cemento con el agua, pero el grado de endurecimiento que ocurre durante los primeros 30 minutos normalmente no presenta problemas, por lo general, el concreto que se haya mantenido en agitación se puede colocar y compactar dentro de la primera hora y media posterior al mezclado, la planeación deberá eliminar o minimizar cualquier variable que permita que el concreto endurezca hasta el grado que no permita una buena consolidación y se dificulte el acabado.

El tercer punto y no menos importante es la segregación, es la tendencia que presenta el agregado grueso a separarse del mortero cemento-arena, eso tiene como consecuencia que parte de la mezcla tenga una cantidad demasiado pequeña de agregado grueso y que el resto tenga agregado grueso con cantidades excesivas, por lo tanto, probablemente la primer parte se contraerá más y se agrietará así que tendrá una baja resistencia, la segunda será demasiado áspera para lograr consolidarse, y sus acabados no se podrán dar, los métodos de transporte no deberán de causar segregación.

1.13 Colado y acabado.

La preparación previa al colado incluye diversas actividades, compactar, las guarniciones, humedecimiento, cimbra, colocación del acero y fijación y todos los accesorios que vayan a quedar insertos, desde el punto de vista de Kosmatka y Panarese (2004), el humedecimiento de la sub-rasante es muy importante, especialmente en los climas cálidos y secos para que la sub-rasante no absorba demasiada agua del concreto y también para incrementar el nivel de la humedad del aire logrando con eso disminuir la evaporación de la superficie del concreto.

Cuando se vaya a colocar concreto sobre rocas o sobre concreto endurecido, se deberá de retirar todo el material suelto, y las caras de corte deberán de ser casi verticales u horizontales en vez de inclinadas. El concreto recién colado usualmente se pica un poco después de haber endurecido para producir una mejor liga con el siguiente colado.

Las cimbras deberán de quedar fijas de manera exacta, limpias, firmes, adecuadamente apuntaladas, forradas o construidas con el material que brinde el acabado deseado al concreto endurecido cuando vaya a ser retiradas. Las cimbras de madera a menos que hayan sido aceitadas, deberán de humedecerse antes del colado, ya que, si no absorberán el agua del concreto y se hincharán, todas las cimbras deberán estar hechas para que al ser removidas causen el daño mínimo al concreto, se deberá evitar el uso de demasiados clavos o muy largos para facilitar la remoción.

El acero de refuerzo deberá de estar limpio y libre de costras de laminado al colar el concreto, así mismo el mortero que salpica el acero no necesita ser removido si se va a completar la siguiente entrega en poco tiempo, sin embargo, el mortero seco y suelto deberá de ser removido de los elementos que vayan a quedar insertos en las entregas de concreto posteriores.

Todo el equipo que se utilice para colar el concreto deberá estar limpio y en buenas condiciones para trabajar, también se deberá de contar con un equipo de reserva en caso de que ocurra alguna falla.

1.14 Concreto reforzado.

Desde el punto de vista de McCormac (2006), el concreto reforzado es la combinación de concreto y de acero en la que el refuerzo de acero proporciona la resistencia a tensión de que carece el concreto. El acero de refuerzo también es capaz de resistir fuerzas de compresión.

El concreto reforzado es probablemente el material disponible más importante para la construcción, puede usarse en una u otra forma en casi todas las estructuras, grandes, pequeñas, en edificios, pavimentos, losas, etcétera. El gran éxito de este material puede explicarse en las siguientes ventajas:

- Tiene una resistencia considerable a la compresión en comparación con muchos otros materiales.
- El concreto reforzado tiene gran resistencia al fuego y al agua, y de hecho es el mejor material estructural que existe para los casos en el que el agua se halle presente.

- Las estructuras de concreto reforzado son muy rígidas.
- Requiere de poco mantenimiento.
- Comparado con otros materiales tiene una larga vida de servicio. Bajo condiciones apropiadas, las estructuras de concreto reforzado pueden usarse indefinidamente sin reducción de sus capacidades de carga. Esto puede explicarse por el hecho de que la resistencia del concreto no disminuye con el tiempo, sino que en realidad aumenta con los años, debido al proceso de solidificación de la pasta del cemento.
- Es prácticamente el único material económico disponible para zapatas, sótanos, pavimentos y construcciones similares.
- La posibilidad de colarlo en una variedad extraordinaria de formas que van desde una simple losa hasta grandes arcos.
- Se requiere de mano de obra de baja calificación para su montaje, en comparación con otros como el acero estructural.

Para usar con éxito el concreto, el proyectista debe estar familiarizado con sus puntos débiles así como sus puntos fuertes, por lo tanto así como se mencionaron anteriormente las ventajas ahora se enlistaran las desventajas de trabajar con este material las cuales son las siguientes:

- Se requieren cimbras para mantener el concreto en posición hasta que endurece suficientemente. Además pueden requerirse obras falsas o apuntalamiento hasta que los miembros de concreto adquieren resistencia suficiente.

- La baja resistencia por unidad de peso de concreto conduce a miembros pesados.
- Las propiedades del concreto varían ampliamente debido a las variaciones en su dosificación y mezclado.

1.15 Compatibilidad del concreto y el acero.

Citando a McCormac (2006), el concreto y el acero de refuerzo funcionan en conjunto en forma excelente en las estructuras de concreto reforzado. Las ventajas de cada material compensan las desventajas del otro. Por ejemplo, la gran desventaja del concreto es su falta de resistencia a la tensión, pero la resistencia a la tensión es una de las grandes ventajas del acero por lo cual utilizarlos de manera conjunta resulta ser muy benéfico.

1.16 Concretos de alta resistencia.

“A los concretos cuya resistencia a la compresión exceden de 6000lb/plg² se les llama concretos de alta resistencia. También se les llama concreto de alto desempeño porque ellos tienen otras características excelentes además de su alta resistencia, por ejemplo la baja permeabilidad”. (McCormac; 2006; 20)

Es muy importante notar que si vamos a usar una pasta de cemento de muy alta resistencia, como afirma McCormac (2006), no se debe de olvidar en usar un agregado más grueso que se igualmente de muy alta resistencia. Los concretos de alta resistencia son a veces para miembros precolados y presforzados.

Para producir concretos con resistencias altas, primero es necesario ejercer un control de calidad más estricto del trabajo y tener cuidado especial en la selección de los materiales a usarse. El aumento de la resistencia puede lograrse usando razones menores de agua-cemento, agregando aditivos, y seleccionando agregados limpios y sólidos. Las resistencias reales del concreto usadas por el diseñador para un trabajo en particular dependerán del tamaño de las cargas y de la calidad de los agregados disponibles.

“El factor más importante que afecta la resistencia del concreto es la porosidad que es principalmente controlada por la razón agua-cemento, esta razón debe de mantenerse tan pequeña como sea posible siempre que se mantenga una trabajabilidad adecuada”. (McCormac; 2006; 21)

1.17 Concretos reforzados con fibras.

En años recientes ha habido un gran interés en el concreto reforzado con fibras, las fibras usadas están hechas de acero, plásticos, vidrio y otros materiales. Varios experimentos han mostrado que la adición de tales fibras en cantidades convenientes (normalmente de 1 a 2 % por volumen) a concretos convencionales pueden mejorar apreciablemente sus características.

“La resistencia de los concretos reforzados con fibras no son considerablemente mayores que lo que serían las mezclas sin fibras. Sin embargo, los concretos con fibras resultantes son considerablemente más firmes y tienen mayor resistencia al agrietamiento y al impacto”. (McCormac; 2006; 24)

El uso de fibras ha aumentado la versatilidad del concreto al reducir su fragilidad. El ingeniero debe notar que una barra de refuerzo proporciona refuerzo solo en la dirección de la barra, mientras que las fibras distribuidas al azar proporcionan resistencia adicional en todas las direcciones. El acero es el material más comúnmente usado para las fibras, los concretos resultantes parecen ser muy durables, por lo menos mientras las fibras están cubiertas y protegidas por la pasta del cemento.

Desde el punto de vista de McCormac (2006), las fibras usadas tienen una longitud variante aproximada de $\frac{1}{4}$ pulgada a 3 pulgadas mientras que sus diámetros aproximadamente varían de 0.01 pulg hasta 0.03 pulg. Para mejorar la adherencia con la pasta del cemento las fibras pueden tener ganchos o estar retorcidas, además las características de la superficie de las fibras pueden ser modificadas químicamente para aumentar la adherencia.

Las fibras ofrecen la resistencia a la abertura de la grieta, en consecuencia la ductilidad y tenacidad del concreto se incrementan. Se ha mostrado que el uso de fibras incrementa la vida por fatiga y disminuye los anchos de las grietas cuando los miembros están sometidos a cargas de fatiga.

El uso de fibras incrementa considerablemente el costo, estas han sido utilizadas más bien para revestimientos tales como pavimentos y pistas de aeropuerto, pero en realidad a largo plazo, si las vidas incrementadas de servicios de los concretos reforzados con fibras son consideradas, ellos podrían resultar económicamente favorables. Por ejemplo un piso industrial de alto desempeño utilizando concreto reforzado con fibras.

1.18 Acero de Refuerzo.

El acero de refuerzo usado en las estructuras de concreto puede ser en forma de barras o de malla soldada de alambre. “Las barras o (varillas) pueden ser lisas o corrugadas. Las barras corrugadas, que tiene protuberancias en sus superficies para aumentar la adherencia entre el concreto y el acero, se usan en casi todos los casos. El alambre es dentado”. (McCormac; 2006; 26)

Las mallas soldadas de alambre se usan con frecuencia como refuerzo de losas, pavimentos y cascarones, en lugares donde no se tiene suficiente espacio para proporcionar el recubrimiento necesario de concreto que se requiere para las barras regulares de refuerzo. La malla se hace con alambre estirados en frío, colocados en dos direcciones ortogonales y soldados en los puntos de intersección. Los tamaños y separación del alambre pueden ser los mismos en ambas direcciones o diferentes.

1.19 Introducción a las cargas.

La estimación precisa de las cargas que pueden aplicarse a una estructura durante su periodo de vida útil, es tal vez la tarea más importante y difícil del proyectista. No pueden dejar de considerarse cargas que puedan presentarse con cierta probabilidad razonable, una vez estimadas las cargas hay que determinar cuál será la peor combinación de estas que pueda ocurrir en un momento dado.

1.20 Cargas muertas.

“Las cargas muertas son cargas de magnitud constante que permanecen en un mismo lugar: constan del peso propio de la estructura y de otras cargas que están permanentemente unidas a ella”. (McCormac; 2006; 30)

Para diseñar una estructura es necesario estimar los pesos o cargas muertas de las diversas partes para considerarlas en el diseño. Pueden obtenerse estimaciones razonables de pesos estructurales comparando estructuras de tipo similar o consultando fórmulas y tablas contenidas en la mayoría de los manuales de ingeniería civil.

1.21 Cargas vivas.

“Las cargas vivas son cargas que pueden cambiar de magnitud y posición. Estas incluyen cargas de ocupantes, cargas de materiales en bodegas, cargas de materiales de construcción, cargas de equipos de operación, etc.”(McCormac; 2006; 30)

Las cargas vivas se pueden dividir en los siguientes tipos de cargas:

- Cargas de tránsito en puentes: los puentes están sujetos a una serie de cargas concentradas de magnitud variable causadas por grupos de ruedas de camiones y trenes.
- Cargas de impacto: Las cargas de impacto las causan la vibración de las cargas móviles. Es obvio un bulto arrojado al piso de un

almacén causa mayores fuerzas que las que se presentarías si las cargas se aplicaran gradualmente.

- Cargas longitudinales: al detenerse un tren o un camión en un lugar se producen cargas longitudinales.
- Cargas diversas: presiones del suelo (presiones laterales de la tierra), presiones hidrostáticas, las cargas explosivas y las fuerzas centrifugas.
- Cargas ambientales: son las cargas causadas por el medio ambiente, lluvia, nieve, viento, cambios de temperatura.

CAPÍTULO 2

PISOS INDUSTRIALES

En el presente capítulo se abarcará todo lo referente a clasificación de los pisos, preparación del terreno, acabado, curado, protección y rellenado de juntas, así como causas de irregularidades superficiales de pisos.

2.1 Pisos industriales.

Un piso industrial de acuerdo con el ACI 360 (2010) se define como: una losa continuamente soportada en el terreno, en el cual la carga total se distribuye uniformemente a razón del 50% de la capacidad de carga del terreno. Esta losa es considerada como isotrópica, de espesor uniforme, plana y nivelada.

Sin importar lo elemental o lo complejo a que se refiere el ámbito ingenieril, el método constructivo de los pisos es similar: se prepara el terreno de soporte y posteriormente el concreto es colocado. Un piso industrial de concreto es una superficie de rodamiento que incluye los elementos de soporte como son: la base y la sub-base.

El uso de un piso industrial se basa principalmente en la disposición, transportación y manejo de productos industriales que requieren la rapidez en los servicios de acomodo, y entrega a diversos proveedores o clientes.

2.2 Clasificación de pisos.

El instituto americano del concreto describe nueve clases de pisos, sin importar cuan básico o complejo sea el procedimiento para su construcción:

Clase	Tipo de tránsito anticipado	Uso	Consideraciones especiales	Acabado final
1 Una sola capa	Superficie expuesta- tránsito peatonal	Oficinas, iglesias, comercial, institucional, residencial de unidades múltiples. Decorativo	Acabado uniforme, agregado antideslizante en áreas específicas, curado. Agregado mineral coloreado, pigmento de color o agregado expuestos, patrones estampados incrustados, disposición de juntas artísticas, curado.	Acabado normal con llana de acero, acabado antideslizante en donde se requiera. Según se requiera.
2 Una sola capa	Superficie cubierta- tránsito peatonal	Oficinas, iglesias, comercial, gimnasios, residencial de unidades múltiples, institucional con recubrimientos	Losas planas y niveladas apropiadas para recubrimientos aplicados, curado. Juntas de coordinación con recubrimientos aplicados.	Acabado ligero con llana de acero
3 Dos capas	Superficie expuesta o cubierta-tránsito peatonal	Coronamiento no adherido y adherido sobre una losa base para edificios comerciales o no industriales en donde lo dicte el tipo de construcción.	Losa base-superficial buena, uniforme, a nivel, curado. Coronamiento no adherido-rompedor de adherencia en la losa base, espesor mínimo de 75mm, reforzado, curado. Agregado de tamaño apropiado, espesor mínimo de 19mm (3/4plg).	Losa base-acabado allanado debajo de un coronamiento no adherido: superficie limpia, texturizada debajo de un coronamiento adherido.
4 Una sola capa	Superficie expuesta o cubierta-tránsito peatonal y vehicular ligero	Institucional y comercial	Losa nivelada y plana apropiada para recubrimientos aplicados. Agregados antideslizantes para áreas específicas, curado. Coordine las juntas con los recubrimientos aplicados.	Acabado normal con llana de acero
5 Una sola capa	Superficie expuesta –tránsito vehicular industrial (llantas neumáticas, y llantas solidas blandas.	Pisos industriales para manufactura, procesamiento y almacenamiento	Subrasante buena y uniforme, disposición de juntas, resistencia a la abrasión, curado	Acabado duro con llana de acero
6 Una sola capa	Superficie expuesta-tránsito	Pisos industriales sometidos a	Subrasante buena y uniforme, disposición	Endurecedor de superficie

	vehicular industrial de trabajo pesado	tránsito pesado; puede ser sometido a cargas de impacto	de juntas, resistencia a la abrasión, curado.	de agregado especial metálico o mineral, allanado repetido con acero duro
7 Dos capas	Superficie expuesta-tránsito vehicular industrial de trabajo pesado	Pisos de dos capas adheridas sometidas a tránsito pesado y de impacto	Losa base- Subrasante buena y uniforme, refuerzo, disposición de juntas, superficie nivelada, curado. Coronamiento compuesto de agregado bien graduado, todo mineral o todo metálico. Espesor mínimo de 19mm. Endurecedor de superficie de agregado metálico o mineral, curado.	Superficie de losa limpia y de base texturizada para un coronamiento adherido subsecuente. Las llanas mecánicas especiales para coronamiento son especiales, acabado duro, bien allanado.
8 Dos capas	Como en las clases 4,5 o 6	Coronamientos no adheridos sobre pisos nuevos o viejos o en donde lo dicte la secuencia de construcción.	Rompedor de adherencia en la losa base, espesor mínimo de 100 mm (4plg), resistencia a la abrasión, curado.	Como en las clases 4,5, o 6
9 Capa simple o coronamiento	Superficie expuesta-se requiere tolerancia de superficie supe plana o critica. Materiales especiales, vehículos de manejo robóticos que requieren tolerancias específicas.	Almacenes de bahías altas y pasillos angostos; estudios de televisión, pistas de hielo	Requisitos variables de la calidad del concreto. No pueden usarse endurecedores aplicados por espolvoreado, a menos que se haga una aplicación especial y se tenga mucho cuidado, curado.	Siga estrictamente las técnicas de acabado, tal como está indicado para los pisos súper planos

Tabla 2.1 Clasificación de los pisos.

Fuente: Realización propia

2.3 Criterios de desempeño.

Las condiciones anticipadas de servicio del piso y los criterios usados para medir el desempeño del piso determinaran la satisfacción del diseño, el tipo de materiales y las necesidades de mano de obra. De acuerdo con Farny (2013), un buen piso de concreto sobre el terreno es el resultado de los siguientes factores:

- Planeación
- Diseño y detallado cuidadoso
- Selección apropiada de materiales
- Especificaciones completas
- Inspección apropiada
- Buena mano de obra

Para definir las responsabilidades de cada participante, son esenciales las reuniones previas al diseño y a la construcción. En la junta previa al diseño los propietarios y los usuarios deberán responder varias preguntas:

- ¿Cómo se usará el piso?
- ¿Qué tipos de cargas y magnitudes se prevén?
- ¿Cuáles son los requerimientos estéticos?
- ¿Se usarán revestimientos, recubrimientos especiales de pisos?

La reunión previa a la construcción y las reuniones durante la construcción proporcionan un foro para la comunicación entre los contratistas, los subcontratistas, el personal del aseguramiento de la calidad y los proveedores de los materiales.

Como dice Farny (2013), muchos pisos de concreto que se construyen actualmente son estructuras con un alto grado de ingeniería sujetas a muy importantes exigencias, por ejemplo, las nuevas instalaciones para el almacenamiento con frecuencia se diseñan para un almacenamiento de alto desempeño. Esto significa que las instalaciones tendrán anaqueles, se deberán soportar cargas extremadamente pesadas y se requerirá superficies muy planas y niveladas para la operación ágil de los montacargas y estiba de mercancías.

2.4 Subrasantes y subbases.

Para asegurarse de que el piso de concreto soporte exitosamente su carga proyectada y sin asentamientos, es vital diseñar y construir la subrasante en preparación para el piso. Una sub-base aunque no es obligatoria, puede proporcionar beneficios adicionales en la construcción y desempeño.

“La subrasante es el terreno natural, emparejado y compactado sobre la cual se construye el piso” (Farny;2013;5). La subrasante puede mejorarse por medio del drenaje, compactación o estabilidad del suelo. En casos de suelo extremadamente pobre, la remoción y remplazo de la subrasante con un material compactable puede ser la mejor opción. El soporte de la subrasante debe ser razonablemente uniforme, sin cambios abruptos de duro a blando.

Debido a que las losas de pisos de concreto son rígidas, las cargas concentradas de las ruedas de los montacargas o las patas de los anaqueles altos

se distribuyen sobre áreas grandes y las presiones de las Subrasantes son usualmente bajas.

Una subbase “la capa de material granular colocada en la parte superior de la subrasante preparada, funciona como plataforma de trabajo y proporciona un cojín de soporte de losa, así como un rompimiento capilar reduciendo la migración de la humedad”. (Farny;2013;5).

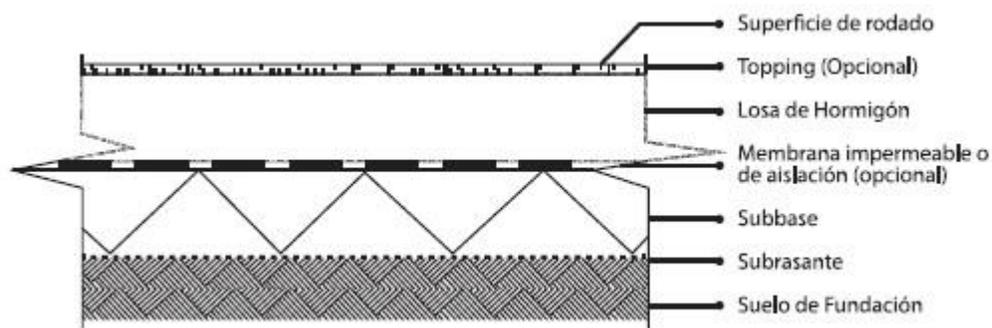


Imagen 2.1 Elementos de un piso industrial

Fuente: ICH

2.5 Suelos.

Debe hacerse la clasificación apropiada de los suelos de apoyo para identificar problemas potenciales de los suelos. Un sistema de clasificación de suelos muestra las divisiones más importantes de los mismos, con los nombres descriptivos, y símbolos por medio de letras que indican sus principales características.

Tipo	Sub-Tipos	Identificación		Símbolo de Grupo			
Suelos (partículas menores de 7,5 cm)	SUELOS GRUESOS Más de la mitad del material se retiene en la malla N°200 (0,075 mm)	GRAVA Más de la mitad de la fracción gruesa se retiene en la malla N°4	GRAVA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas)	Grava bien graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (C_u) mayor de 4 y un coeficiente de curvatura (C_c) entre 1 y 3 ⁽¹⁾	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	GW	
			GRAVA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Grava mal graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para GW.	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	GP	
			GRAVA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Grava limosa; mezcla de grava, arena y limo.	Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véanse abajo los grupo ML y MH)	GM	
				Grava arcillosa; mezclas de grava, arena y arcilla	Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véanse abajo los grupo CL y CH)	GC	
			ARENA Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N°4	ARENA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas)	Arena bien graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (C_u) mayor de 6 y un coeficiente de curvatura (C_c) entre 1 y 3 ⁽¹⁾	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	SW
				ARENA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para SW.	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	SP
	ARENA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Arena limosa; mezcla de arena, grava y limo.		Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véanse abajo los grupo ML y MH)	SM		
		Arena arcillosa; mezclas de arena, grava y arcilla		Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véanse abajo los grupo CL y CH)	SC		
	SUELOS FINOS Más de la mitad del material pasa la malla N°200 (0,075 mm)	LIMO Y ARCILLA Límite líquido	Menor de 50%	Limo de baja compresibilidad; mezcla de limo de baja plasticidad, arena y grava; polvo de roca. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	ML		
				Arcilla de baja compresibilidad; mezcla de arcilla de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona II de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	CL		
				Limo orgánico de baja compresibilidad; mezcla de limo orgánico de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	OL		
			Mayor de 50%	Limo de alta compresibilidad; mezcla de limo de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	MH		
				Arcilla de alta compresibilidad; mezcla de arcilla de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona IV de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	CH		
				Limo orgánico de alta compresibilidad; mezcla de limo orgánico de alta compresibilidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la Carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	OH		
ALTAMENTE ORGÁNICOS				Turba, fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.	P _t		

Tabla 2.2 Clasificación de los suelos SUCS

Fuente: Norma M.MM.1.02/03 SCT

2.5.1 Densidad

Como señala Farny (2013), la resistencia del suelo su capacidad de apoyo y su resistencia a la densificación y la compactación es importante para el desempeño de los pisos sobre terreno, particularmente cuando el piso debe soportar cargas extremadamente pesadas. La resistencia es afectada por el tipo de suelo, grado de compactación y contenido de humedad. “La densidad de un suelo se mide en términos de su masa por volumen unitario, la densidades más altas comúnmente proporcionan un mejor soporte.

Las pruebas realizadas de acuerdo con Moisture Density Relations of Soils, ASTM D698 Y D1557 (Proctor estándar y Proctor modificada), determinan la densidad máxima y el correspondiente contenido óptimo de humedad del suelo. Los contenidos de humedad del suelo se expresan en porcentajes: la relación de la masa de agua dividida entre la masa del suelo seco y luego multiplicada por 100.

2.5.2 Índice de plasticidad.

Cuando un suelo puede ser rolado hasta formar hebras delgadas se le denomina de tipo plástico. La mayoría de los suelos de grano fino que contienen minerales de arcilla son plásticos. El límite plástico (PL: Plastic Limit), según Farny (2013), es la cantidad de humedad presente cuando un suelo cambia de un estado semi-sólido a uno plástico. El límite líquido (LL: liquid limit), es la cantidad de humedad presente cuando un suelo cambia de un estado plástico a líquido. El grado

de plasticidad se expresa como el índice de plasticidad (PI), es la diferencia numérica entre el líquido y límite plástico.

$$PI = LL - PL$$

2.5.3 Suelos problemáticos

Los suelos se consideran problemáticos cuando:

- Son altamente expansivos
- Son altamente compresibles
- No proporcionan un soporte razonablemente uniforme

Los suelos cohesivos que ganan humedad después de ser compactados, pueden causar problemas a los pisos de concreto. Los suelos con un PI de 5 o mayor pueden deformarse plásticamente cuando se incrementa el contenido de humedad del suelo, si esto sucede las cargas que pasan sobre el piso pueden llevar a deflexiones debido a la pérdida de resistencia para soportar cargas. Como señala Farny (2013), las ubicaciones sensibles del piso están cerca de las orillas y esquinas de la losa expuestas a tránsito repetido de ruedas. Los suelos cohesivos con un alto PI mayor de 20 que ganan humedad del suelo pueden llegar a ser expansivos, poniendo una presión excesiva en la losa desde la parte de abajo.

El diseño de un piso de concreto sobre terreno se basa en la suposición de un soporte uniforme de la subrasante. La palabra clave es “uniforme” allí es donde los suelos problemáticos crean condiciones desfavorables, la corrección se logra de manera más económica y efectiva a través de los métodos de preparación de la subrasante.

2.6 Preparación del terreno.

El sistema de apoyo del suelo deberá estar bien drenado y proporcionará un soporte adecuado y uniforme para las cargas, la capacidad de una losa para soportar las cargas depende de la integridad tanto de la losa como del sistema completo del suelo de apoyo.

El material de la base deberá de ser granular, compactable y fácil de perfilar y que pueda permanecer estable para soportar el tránsito de construcción. La base no deberá estar sujeta a congelación, deberá de estar seca a la hora de colocar el concreto, no deberá de haber agua libre sobre la base ni tampoco áreas encharcadas o débiles cuando el concreto se coloque.

Se deberá efectuar una nivelación con estadal y nivel, las mediciones se deberán tomar a intervalos de 6m en cada dirección, la superficie de la capa de apoyo deberá tener una tolerancia de nivelación de +0mm/-38mm.

Prueba de compactación como menciona Farny (2013), es una de las maneras más efectivas para determinar si el sistema de apoyo es adecuado para proveer un soporte estable y adecuado durante y después de la construcción. La prueba de rodamiento, observada y evaluada por el diseñador, se deberá de realizar con un camión cargado, un camión mezclador, aplanadora de cilindros metálicos o equivalente. En cualquiera de los casos deberá de efectuar varias pasadas, siguiendo un patrón establecido.

2.7 Control de humedad barrera de vapor.

Un concreto de buena calidad resiste la penetración del agua líquida, pero permite que pase vapor de agua a través de él lentamente. Puesto que la mayoría de los pisos no están sometidos a agua bajo presión, es por el paso del agua por la transmisión de vapor y capilaridad lo que causa preocupaciones con el control de humedad.

Por lo tanto pueden existir estructuras que necesiten barreras de vapor, una membrana que virtualmente detiene el paso de la humedad a través de ella. Las verdaderas barreras son membranas ásperas y resistentes que no permiten el paso del vapor de agua, el desempeño apropiado de las barreras requiere el sellado de todos los traslapes y la estricta observación de todas las recomendaciones del fabricante.

De acuerdo con Farny (2013), las barreras de vapor minimizan efectivamente la transmisión de vapor desde la subbase a través de la losa, los materiales que se usan pueden incluir polietileno, fibras o películas metálicas.

2.8 Refuerzo.

Casi un siglo de experiencia en el diseño y construcción de losas de concreto con o sin refuerzo, ha traído como consecuencia la interrogante si las losas reforzadas proporcionan un mejor comportamiento que aquellas que no lo están.

La presencia del refuerzo en la losa tendrá como consecuencia un mejor desempeño en aquellas losas que no se refuerzan, sin embargo, no debemos de

olvidar que el refuerzo significa un costo adicional en la losa y para que este costo se justifique, el acero debe diseñarse de acuerdo a la función que se espere de este, así como colocarse de manera adecuada.

2.8.1 Fibras metálicas.

Son fibras de acero de diferentes formas, con longitudes que van de 0.25 a 2.5 pulgadas, las cuales se vacían directamente en el camión para mezclarlas con el concreto, de manera que se obtiene una sección de concreto homogénea, donde el refuerzo se encuentra distribuido de manera aleatoria en toda la masa de concreto, brindando así, un refuerzo omnidireccional más eficiente, a diferencia de sistemas de refuerzo tradicionales, donde el acero se coloca únicamente en una parte de la sección y en un solo plano.

Esta distribución del acero en las fibras metálicas de acuerdo con el ACI 302 (2012), permite absorber de manera más eficiente los esfuerzos de contracción por secado del concreto ya endurecido, así como los esfuerzos generados por cambios de temperatura, disminuyendo así la posibilidad de agrietamientos originados por estos esfuerzos. Así mismo las fibras metálicas aumentan el módulo de ruptura del concreto y por ende su capacidad de carga, por lo que puede sustituir la varilla o la malla electro soldada. Además de permitir una mayor separación entre juntas y una mejor transferencia de cargas a través de las juntas de control, ya que las tiene más cerradas.

Por otro lado, el uso de fibras metálicas elimina prácticamente los costos de mano de obra, de supervisión y desperdicios de material, asociados con la

utilización de un sistema de refuerzo tradicional, donde se requiere una gran cantidad de personal, una buena supervisión y una gran cantidad de tiempo. Es así que en la construcción de pisos de concreto reforzado con fibras metálicas, el tiempo de ejecución llega a reducirse a más de la mitad en comparación con un piso reforzado con sistemas tradicionales.

Algunas características más importantes de las fibras metálicas son la forma que tengan para lograr un buen anclaje en el concreto y la relación de aspecto, la cual se refiere a la relación que existe entre la longitud y el diámetro de la fibra. Esta relación es uno de los principales parámetros que diferencian a las fibras metálicas entre sí, ya que generalmente una relación de aspecto mayor, proporciona un mejor desempeño, a cambio de una mayor dificultad de mezclado, vaciado y acabado del concreto.

Las fibras de acero mejoran las propiedades de ductilidad, dureza, resistencia al impacto, fatiga y resistencia al desgaste. Todas estas propiedades dependen de la longitud de las fibras, su diámetro, peso específico, resistencia a la flexión y módulo de elasticidad.

2.9 Juntas.

Las grietas en los pisos, son a menudo causadas por las restricciones a cambios volumétricos en una masa de concreto, creando esfuerzos de tensión. Cuando estos esfuerzos de tensión exceden la resistencia a la tensión propia del concreto, sucede entonces el agrietamiento. Existe la posibilidad de un agrietamiento aleatorio del elemento, debido a las inevitables contracciones por

enfriamiento y contracciones por secado, propiedades inherentes del concreto endurecido.

La aparición de agrietamiento aleatorio debe ser controlada y para lograrlo consideramos la utilización de juntas, que permiten al concreto un ligero movimiento, por lo cual se reducen los esfuerzos por restricción, así como alivio de esfuerzos, existen principalmente tres tipos de juntas dependiendo de su función, ubicación y condiciones en obra, estas son juntas de aislamiento, juntas de construcción y juntas de contracción.

2.9.1 Juntas de aislamiento.

“Las juntas de aislamiento se deberán emplear siempre que se requiera completa libertad de movimiento vertical y horizontal entre el piso y los elementos de edificación adyacente” (ACI 302; 2012: 13). Las juntas de aislamiento se deberán de usar en uniones con muros, columnas, cimientos de equipos, zapatas y otros elementos de restricción tales como drenajes, pozos de visita, registros escaleras.

Estas juntas se forman con la inserción de un relleno preformado entre el piso y el elemento adyacente. El material de la junta se deberá de colocar en todo el espesor de la losa sin sobresalir. El relleno de la junta debe de ser visible donde hay condiciones de humedad o requisitos de higiene o control de polvo.

2.9.2 Juntas de construcción.

Como menciona el ACI 302 (2012) las juntas de construcción se colocan en una losa para definir la geometría de los diferentes tendidos de concreto, generalmente en conformidad con una disposición predeterminada de juntas. Si la construcción con concreto se interrumpe eventualmente, el tiempo suficiente para que el concreto colado endurezca se deberá usar una junta de construcción. Si es posible, las juntas de construcción se deberán de localizar a 1.5m o más de cualquier otra junta con la cual sea paralela.

2.9.3 Juntas de contracción.

Las juntas de contracción se localizan comúnmente sobre ejes de columna, con juntas intermedias situadas a espacios iguales entre dichos ejes. Se consideran normalmente los factores que siguen para la selección del espaciamiento de las juntas:

- Espesor de la losa
- Tipo, cantidad y colocación de refuerzo
- Disposición de anaqueles, racks, bases para equipos y otras discontinuidades del piso.
- Factores del entorno
- Métodos y calidad del curado del concreto.

La separación específica de juntas será el factor principal que influye tanto en la cantidad como en el tipo de agrietamiento aleatorio que se va a experimentar,

por lo que se deberá de seleccionar siempre cuidadosamente la separación de las juntas.

El alabeo de la superficie del piso en las juntas es una consecuencia normal del cambio de volumen como resultado de la pérdida diferencial de humedad de la losa de concreto. Esta distorsión puede dar como resultado un conflicto respecto a la instalación de algunos recubrimientos de piso en los meses posteriores a la colocación del concreto.

Para las losas de concreto simple y sin refuerzo, la separación de juntas 24 a 36 veces el espesor de la losa hasta un espaciamiento máximo de 5.5m ha producido resultados aceptables. El espaciamiento de las juntas en losas nominalmente reforzadas (aproximadamente 0.2% de acero colocado dentro de las 2 pulgadas de la parte superior de la losa) puede incrementarse en algo más allá de lo recomendado para losas de concreto simple. Las juntas de contracción deberán de ser continuas, no escalonadas o desalineadas.

2.10 Sellado de juntas.

Las juntas de contracción y de construcción en áreas de piso sometidas a las ruedas duras del tráfico de vehículos que manejan materiales deben ser selladas con un material de sellado semirrígido para minimizar el desgaste y el daño a los bordes de las juntas. Las juntas de construcción se deberán de cortar a una pulgada (25mm) de profundidad antes de sellar. Las juntas deben de ser tan angostas como sea posible para minimizar el daño debido a las cargas sobre las ruedas.

Se puede decir que básicamente hay tres opciones para tratar las juntas en una losa de concreto soportada sobre el terreno, estas pueden ser rellenadas, selladas o dejarse abiertas.

Sin embargo en los pisos industriales con constante repetición de montacargas con ruedas sólidas o en el mejor de los casos ruedas neumáticas, la opción de dejarlas abiertas definitivamente no aplica.

El relleno de las juntas, que podríamos describir como un sellado a toda la profundidad del corte es muy recomendable para todas las juntas expuestas al tráfico de ruedas sólidas. En el caso de un uso más ligero de tráfico, entonces se puede recomendar un sellado convencional, en donde no se sella a toda la profundidad del corte. La diferencia entre un relleno convencional y un relleno a profundidad radica en la dureza del material, ya que en los rellenos de las juntas se buscan selladores más rígidos que los convencionales para proveer soporte a los bordes y así minimizar el desportillamiento.

Cuando las recomendaciones antes escritas no se siguen y las juntas funcionan inadecuadamente, existe la posibilidad de presentarse fallas en las caras de las juntas o aparecer agrietamiento aleatorio en la losa. Recordemos que el deterioro de juntas y sellado de grietas es la mayor parte de un programa de mantenimiento típico, por lo que todo el esfuerzo hecho en la construcción del piso, será recompensado seguramente en el costo de mantenimiento.

2.11 Mecanismo de transferencia.

Se recomienda el uso de pasa juntas cuando se requiera la transferencia de cargas, las pasajuntas como menciona el ACI 302 (2012) obligan a las secciones de concreto a ambos lados de una junta a experimentar desplazamientos verticales aproximadamente iguales sometidos a una carga y ayudan a evitar el daño a una orilla expuesta cuando la junta es sometida a vehículos de ruedas duras tales como montacargas. Para que las pasajuntas sean efectivas, deben ser lisas, alineadas, y soportadas, de modo que permanezcan paralelas en los planos horizontal y vertical durante las operaciones de colocación y acabado. Las pasajuntas deben ser colocadas a una distancia no menor de 12 pulgadas (300mm) de la intersección de cualquier tipo de junta.

La importancia de la transferencia de cargas radica en la reducción de esfuerzos y las deflexiones en la losa cerca del área de la junta, permitiendo una circulación más cómoda y con menor nivel de daño en la junta, en el vehículo o en la carga.

2.12 Colocado y acabado.

El concreto debe ser colocado y acabado por trabajadores hábiles que tengan experiencia en construcción de pisos de concreto. El acabado especialmente, requiere albañiles calificados en trabajos de cemento para mejor resultados. Existen tres acabados básicos para la superficie de una losa de concreto: enrasado, aplanado y allanado.

2.12.1 Enrasado.

El concreto es llevado a su nivel y superficie inicial por medio de las operaciones de enrasado, compactación y aplanado con llana de mango largo. El enrasado es “la acción de nivelar la superficie superior del concreto cuando se deposita por primera vez en los moldes”. (Farny;2013;78).

El enrasado puede ser hecho por una variedad de equipo, que varían desde los métodos simples (reglas rectas y enrasadoras de rodillo), pasando por las reglas vibratorias, hasta enrasadoras laser de alta tecnología. Las reglas rectas y las reglas vibratorias corren sobre la parte superior de las cimbras laterales. Las enrasadoras laser son capaces de nivelar la superficie del concreto fresco hasta tolerancias muy estrictas debido a que la elevación es constante y automáticamente monitoreada y ajustada.

La vibración de la superficie se considera un esfuerzo de compactación suficiente para losas de hasta 200mm (8plg) de espesor, cuando las losas superan este grosor, se requiere vibración interna. Esta vibración también es necesaria para pisos que contienen refuerzo abundante.

El enrasado y compactado deben completarse antes de que se presente exceso de agua de sangrado en la superficie. El secreto de enrase y compactación apropiados consiste en mantener una sobrecarga de concreto en la cara de enrase; una losa de 150mm (6 pulg) de espesor necesita una sobrecarga de aproximadamente 25mm (1 pulg). El enrase inicial y la compactación del concreto

tendrán un mayor efecto en las tolerancias y los niveles de las superficies que las operaciones subsecuentes de aplanado y acabado.

2.12.2 Nivelación.

Después del enrasado, la superficie de concreto se nivela todavía más y se alisa para prepararla para las operaciones subsecuentes de acabado. La nivelación debe seguir inmediatamente al enrasado y debe completarse antes de que haya presencia de agua de sangrado en la superficie.

Esta nivelación/ alisado se hace con una llana de mango largo o una llana mecánica. El propósito es eliminar las crestas y rellenar los huecos de la superficie dejados por el enrasado y la compactación. Esto también se conoce como cortar los puntos altos y rellenar los puntos bajos. Además, la llana de mango largo incrusta ligeramente el agregado grueso.

2.12.3 Canteado.

Puede requerirse canteado a lo largo de juntas de aislamiento y de construcción. El propósito es densificar el concreto en la orilla de la losa, haciéndolo más durable y menos vulnerable al astillamiento y desconchamiento. El canteado debe completarse antes que el agua del sangrado llegue a la superficie. Antes de pasar la canteadora, el concreto debe cortarse lejos de la cimbra con una llana puntiaguda de albañil o una llana de margen.

2.12.4 Aplanado.

Un acabado aplanado es normal para superficies en el exterior. Debe darse tiempo al concreto para que se endurezca, antes de aplanarlo. El aplanado, ya sea que se haga a mano o con máquina, tiene cuatro propósitos:

- Hundir los agregados gruesos por debajo de la superficie
- Remover las pequeñas imperfecciones y nivelar las salientes y los huecos de la superficie lisa
- Traer mortero a la superficie como preparación para operaciones de acabado más tarde
- Mantener la superficie abierta, de modo que puedan escapar el agua y el aire

En general hay tres condiciones que indican que el concreto está listo para el aplanado:

- El brillo del agua ha desaparecido de la superficie
- El concreto soporta el peso de una persona
- El mortero no es lanzado por las hojas aspas giratorias

El aplanado del concreto ahora se hace casi exclusivamente a máquina, se usa, bien sea una llana mecánica con un disco de acero rotatorio o una máquina de alisado equipada con hojas para aplanado. Las hojas de aplanado deben asentarse casi planas sobre la superficie. El aplanado debe comenzar a lo largo de los muros y alrededor de las columnas y luego moverse sistemáticamente a través de la superficie, dejando un acabado mate.

2.12.5 Allanado.

Un acabado allanado de acuerdo con Farny (2013), se usa en losas de pisos interiores, mejora la apariencia cosmética y proporciona una superficie más sólida, más resistente al desgaste y más fácil de limpiar. Deben cumplirse dos condiciones para medir apropiadamente el tiempo de allanado: deben haber desaparecido la película de humedad y el brillo de la superficie aplanada, y el concreto debe haber endurecido lo suficiente para evitar un exceso de material fino. El allanado con llana de acero se realiza con una presión coronamiento que transformara la superficie abierta y arenosa dejada por el aplanado en una superficie dura, densa y uniforme libre de manchas, de ondas y de marcas.

Diferentes grados de allanado producen acabados diferentes. Un acabado de remolino de grano fino es el resultado de un allanado ligero. Un acabado duro muy liso es el resultado de allanado repetido. Si el allanado con llana de acero duro se repite hasta que la superficie tenga una apariencia algo pulida (brillante), este acabado especial proporciona resistencia agregada a la abrasión y al agua.

2.13 Curado.

Después de la colocación y acabado apropiados del concreto, el curado es el único factor importante para lograr una losa de alta calidad. El propósito fundamental del curado es retardar la pérdida de humedad de la losa y reducir la carbonatación temprana de la superficie. Un periodo más largo de retención de

humedad permite la hidratación completa del cemento, que da como resultado mayor resistencia.

La retención de humedad se puede incrementar mediante varios métodos que incluyen adición de humedad, cubiertas que retienen la humedad y compuestos líquidos de curado que forman una membrana.

Sin importar el método, el proceso de curado deberá comenzar tan pronto como se terminen las operaciones de acabado. Si el concreto se empieza a secar excesivamente antes de finalizar las operaciones de acabado, la superficie se deberá de proteger mediante roció o una película mono molecular. La duración del colado varía dependiendo del método, las temperaturas, la humedad, el aire y el tipo de concreto. Con cualquier tipo de cemento en temperaturas, arriba de los 5°C, se recomiendan siete días sin interrupción para curado con agua o cubiertas que retengan la humedad, este periodo se puede reducir a tres días cuando se emplea concreto de alta resistencia.

2.13.1 Curado con agua.

El curado con agua formando una lámina, en forma de riego o saturación, es práctico solo en áreas de losa sin juntas o donde el agua este realmente confinada por retenedores para impedir humedecer la capa de sub-base o saturar la subrasante. Como menciona el ACI 302 (2012) esto es necesario para limitar el alabeo potencial de la losa a causa de gradientes de humedad y para preservar la compactación del sistema de soporte del suelo. El agua para curado debe estar

dentro de los 20°F (7°C) de la temperatura del concreto para un choque térmico. Debe mantenerse un mojado continuo para evitar puntos secos aislados.

2.13.2 Cubiertas húmedas.

Cuando se aplican y se mantienen en forma apropiada, el yute y otras cubiertas humedecidas proveen de un abastecimiento continuo de humedad distribuido uniformemente sobre la superficie de la losa. El yute ha sido la cubierta húmeda más común; el yute humedecido tiende a bajar la temperatura de las losas de concreto.

Si se emplea arena o tierra se deberá aplicar al menos un espesor de 25mm y mantenerse húmeda durante el periodo del curado. Las cubiertas húmedas se deberán tender sobre el concreto tan pronto se terminen las operaciones de acabado y se pueda evitar producir daños a la superficie.

2.13.3 Película de polietileno.

La película de polietileno y otros materiales de lámina plástica están disponibles en colores blanco, negro, o claro y se pueden manejar fácilmente, las de color blanco son adecuadas para cubrir el concreto fresco sometido a la luz solar. Las láminas se deberán colocar tan pronto como sea posible después de las operaciones de acabado. Usualmente no son tan efectivas como el curado con agua pero se utilizan por su conveniencia.

2.14 Regularidad superficial.

El concepto de regularidad superficial de un pavimento se asocia al grado de planicidad con que ha quedado la superficie. De acuerdo con el ICH, lo anterior es una propiedad de pavimento terminado y que tiene una incidencia directa en el servicio que otorga el pavimento a los usuarios y que corresponde a los equipos de transporte y carga que utilizan estos pavimentos. Mientras mayor sea la altura en que se debe almacenar la carga, mayor relevancia toma la planicidad del pavimento.

Es importante reconocer que una superficie perfectamente plana no se puede conseguir y que el costo de terminación aumenta a medida que se requieren mejores terminaciones superficiales.

2.14.1 Sistema de Números F (Floor Numbers)

El sistema de números F utiliza dos parámetros para caracterizar la regularidad superficial, el número FF (FloorFlatness) que define la planicidad y el número FL (FloorLevelness) que define la nivelación u horizontalidad del pavimento.

La medida básica de los números FF y FL se realiza sobre líneas rectas de la superficie de la losa en las que se debe determinar el perfil longitudinal a intervalos de longitud constante del orden de 300mm.

LOSAS SOBRE SUELO

PLANICIDAD GENERAL (F_F)	NIVELACIÓN GENERAL (F_L)	USO TÍPICO	CLASE TÍPICA
20	15	No críticos; talleres mecánicos, áreas no públicas, superficies con baldosas y losas de estacionamiento.	1 ó 2
25	20	Áreas alfombradas de oficinas comerciales o ligeramente transitadas / edificios industriales	2
35	25	Pisos con cubiertas delgadas o pisos de bodegas con tránsito medio a pesado	2, 3, 4, 5, 6, 7 u 8
45	35	Almacén con uso de pallet aéreos, pistas de patinaje sobre hielo o de ruedas, pisos de gimnasios	9
>50	>50	Estudios de cine y televisión	3 ó 9

Tabla 2.3 Clasificación general de pisos según números F

Fuente: ICH

2.15 Imperfecciones superficiales.

El concreto es capaz de proporcionar una superficie altamente durable y atractiva. Cuando no ocurre así siempre hay razones para ello, es posible reducir la probabilidad de resultados insatisfactorios si se tienen en cuenta las causas que generan dichas imperfecciones.

Raramente habrá una sola causa para una imperfección dada, usualmente alguna combinación será la responsable. La influencia de cualquier causa variará con el grado de su desviación de la práctica más adecuada, con las propiedades de

los materiales empleados, y con la temperatura ambiente y otras condiciones presentadas durante el trabajo.

2.15.1 Agrietamiento

Como menciona el ACI 302 (2012), el agrietamiento del concreto constituye un problema frecuente. Es generado por la restricción (interna o externa) del cambio de volumen, comúnmente originado por una combinación de factores tales como contracción por secado, contracción térmica, alabeo y asentamientos del sistema de soporte del suelo y de las cargas aplicadas.

El agrietamiento se puede reducir de forma significativa cuando se entienden las causas y se toman medidas preventivas. Muchas características del diseño de la losa y las proporciones de la mezcla de concreto son responsables, y contribuyen al agrietamiento.

Puesto que el agrietamiento es producido por restricción de los cambios de volumen, estos serían de poca consecuencia si el concreto estuviera libre de cualquier restricción. Pese a que el concreto en servicio esta usualmente restringido por las cimentaciones, la subrasante, el refuerzo o los miembros de conexión se pueden desarrollar esfuerzos importantes, particularmente de tensión.

2.15.2 Agrietamiento por contracción plástica.

“Son grietas casuales aleatorias poco profundas relativamente cortas, que pueden ocurrir antes del acabado final en días cuando la baja humedad atmosférica, el viento, y las altas temperaturas del concreto ocurren” (ACI 302; 2012:95). La

humedad superficial se evapora más rápidamente de lo que puede reponerse mediante el agua de sangrado que aflora, por lo que la superficie se contrae más que el interior.

A medida que el concreto interior restringe la contracción del concreto superficial, se desarrollan los esfuerzos que exceden la resistencia de tensión del concreto, lo que da como resultado grietas superficiales. Estas varían desde unos 100mm hasta 1m o más de longitud. Regularmente tiene de 25 a 75mm de profundidad pero pueden atravesar completamente la losa.

2.15.3 Agrietamiento aleatorio sin patrón definido.

Consiste en un patrón de grietas muy delgadas que no penetran mucho debajo de la superficie; es causado por contracción menor superficial. Las grietas son muy finas y apenas visibles, excepto cuando el concreto se está secando después de haber sido mojado. En forma y en generación son similares a las que aparecen en el lodo cuando se agrieta.

Aunque las grietas aleatorias pueden dar mal aspecto y pueden acumular suciedad, el agrietamiento no es estructuralmente serio y no indica necesariamente el comienzo de deterioro futuro de losas.

2.15.4 Otras causas.

El agrietamiento a largo plazo puede producirse por motivos diferentes a la contracción, el ACI 302 (2012), enlista las siguientes:

1. Apoyo disparejo de la subrasante o sub-base por deficiente preparación, mal drenaje o apoyo disparejo a consecuencia del ondulado de las orillas de la losa.
2. Arcilla expansiva en la subrasante.
3. Sulfatos en el suelo de la subrasante o agua subterránea.
4. Juntas y sellos inadecuados.
5. Sobrecarga estructural, especialmente en seguida de la fase de construcción del piso en un proyecto de edificación.
6. Cargas por impacto.
7. Diseño inadecuado, por ejemplo, selección de un factor de seguridad incorrecto, que conduce a losas de espesor insuficiente para las condiciones de servicio.

2.16 Desprendimientos.

Son hoyos de forma sensiblemente cónica, formadas en la superficie después de la expulsión de un pequeño trozo de concreto por presión interna. Puesto que los desprendimientos usualmente no disminuyen de manera importante la integridad de la superficie de concreto, algunas veces son tolerados. No obstante, normalmente dan mala apariencia e interfieren con el comportamiento de cualquier

losa que se requiera lisa. En los pisos con tránsito de llantas duras (montacargas), los desprendimientos degeneran en imperfecciones más grandes.

2.17 Burbujas.

La aparición de burbujas sobre la superficie de una losa de concreto durante las operaciones de acabado es fastidiosa. Constituyen una imperfección que puede dejar porciones de la superficie vulnerables a la delaminación una vez que el concreto se ha endurecido. Estos resaltes pueden variar de tamaño desde 6 a 100mm de diámetro. Aparecen cuando burbujas de aire atrapadas ascienden a través del concreto plástico y quedan atrapadas debajo de la superficie hermética, ya cerrada.

2.18 Desportillamiento.

“El desportillamiento es una imperfección superficial más profunda que muchas veces se extiende hasta las capas superiores del acero de refuerzo o hasta la junta horizontal entre las capas de base” (ACI 302; 2012; 101). Las imperfecciones pueden tener 150mm o más de diámetro y 25mm o más de profundidad. Este fenómeno es producido por presión o expansión dentro del concreto, cargas de impacto. Así mismo muchas veces sobreviene por la construcción inadecuada de juntas.

Además de su mala apariencia, el desportillamiento puede deteriorar la resistencia y la calidad de servicio de una losa.

2.19 Alabeo.

Es la deformación (elevación) de las esquinas y orillas de una losa a causa de diferencias en el contenido de humedad o de la temperatura en las partes superior e inferior del piso. La parte superior se seca por completo o se enfría y se contrae más que la inferior, más húmeda y más caliente. Si la sección alabeada de una losa recibe carga más allá de su resistencia a la flexión, se desarrollarán grietas paralelas a las juntas en la cuales ocurre el alabeo. Las losas también se pueden deprimir en el centro por haber sido acabadas las partes centrales a un nivel inferior que las reglas o guías de enrase.

CAPÍTULO 3

MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

El presente capítulo se enfocará en las características físicas, geológicas, de la zona donde se va a elaborar el proyecto, especificaciones de la región así como de la ubicación exacta, utilizando un reporte fotográfico específico.

3.1 Objetivo.

El objetivo de este documento es diseñar un piso industrial de alto desempeño para la empresa Globos Trucking S. de R.L. de C.V.

3.1.2 Alcance del proyecto.

Se dará a conocer el diseño de un piso industrial, con todas las partes que lo conforman y con las necesidades y especificaciones requeridas por la empresa Globos Trucking S. de R.L. de C.V., para conseguir un piso de calidad y con un periodo de garantía de varios años.

3.2 Resumen ejecutivo.

Para la elaboración del proyecto la información fue proporcionada por la empresa Globos Trucking S. de R.L. de C.V. la cual necesita el diseño de un piso industrial de alto desempeño que garantice una alta calidad, nivelación, espesor, y bajos costos de mantenimiento durante un periodo de tiempo prolongado.

En el presente trabajo se analizarán todos los elementos necesarios para poder diseñar un piso industrial de alto desempeño, materiales, bases, sub-bases, refuerzos, espesores, colocación, acabados, maquinaria.

Se realizó la visita del lugar del proyecto para conocer las condiciones actuales del piso industrial, dimensiones, cargas que se soportan, donde se puede notar que el piso actual no fue diseñado para las cargas que se están aplicando por lo que esto genera un daño de manera importante al piso, fracturas en la mayoría del área, hundimientos, desgaste, lo cual genera visualmente un piso en malas condiciones así como un lugar antihigiénico por todas las hendiduras la retención de polvo, y bacterias es notoria lo cual para las necesidades de la empresa es un foco de alerta el cual tienen que corregir.

3.3 Macro y micro localización.

Para poder centrarnos en el sitio del proyecto primero que nada se hablará del país de localización es cual es México, oficialmente llamado los Estados Unidos Mexicanos. Es un país de América ubicado en la parte meridional de América del Norte. Su capital es la Ciudad de México. Políticamente es una república democrática, representativa y federal compuesta por 32 entidades federativas (31 estados y la capital federal).

El territorio mexicano tiene una superficie de 1 964 375 km², por lo que es el decimocuarto país más extenso del mundo y el tercero más grande de América Latina. Limita al norte con los Estados Unidos de América a lo largo de una frontera de 3155 km, mientras que al sur tiene una frontera de 958 km con Guatemala y 276 km con Belice; las costas del país limitan al oeste con el océano Pacífico y al este con el golfo de México y el mar Caribe, sumando 9330 km², por lo que es el tercer país americano con mayor longitud en sus costas.



Figura 3.1 República Mexicana
Fuente: www.mapasrepublica.com

El estado donde se encuentra el municipio del proyecto es Michoacán, es uno de los treinta y un estados que junto con la Ciudad de México forman los Estados Unidos Mexicanos. Su capital y ciudad más poblada es Morelia. Está ubicado en la región oeste del país, limitando al norte con Jalisco y Guanajuato, al noreste con Querétaro, al este con el Estado de México, al suroeste con Colima y al sur con el río Balsas que lo separa de Guerrero, y al oeste con el océano Pacífico. Con 4 584 471 habs. En 2015 es el octavo estado más poblado, por detrás del Estado de México, Veracruz, Jalisco, Puebla, Guanajuato, Chiapas y Nuevo León.

Fue fundado el 22 de diciembre de 1823. Las 5 ciudades más importantes y pobladas son: Morelia, Uruapan del Progreso, Zamora de Hidalgo, Heroica Zitácuaro, Ciudad Lázaro Cárdenas

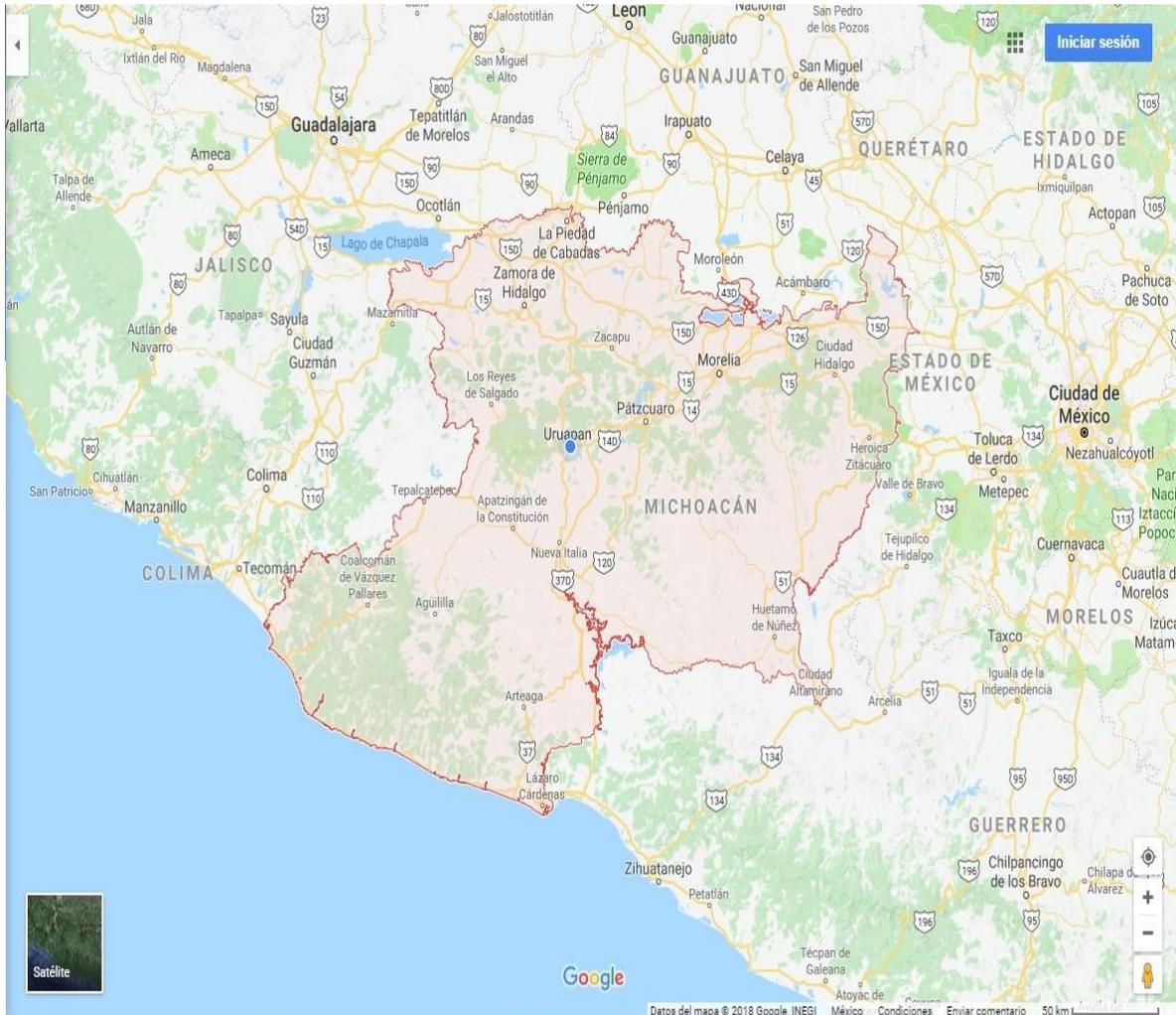


Figura 3.2 Mapa de la región del estado de Michoacán.

Fuente: Google Maps.

La ubicación del municipio del proyecto es Uruapan del progreso la cual es la segunda ciudad más importante y la segunda más poblada del estado mexicano de Michoacán. Con una extensión de 954.17 km² con coordenadas 19°25´

de latitud norte y 102°03' de longitud oeste, a una altura de 1620 metros sobre el nivel del mar. Posee un clima templado, exuberante vegetación y tiene una gran producción anual de aguacate, razón por la que es conocida como “la capital mundial del aguacate”. Se la considera también el punto de unión entre la región de Tierra Caliente y la meseta Purépecha.

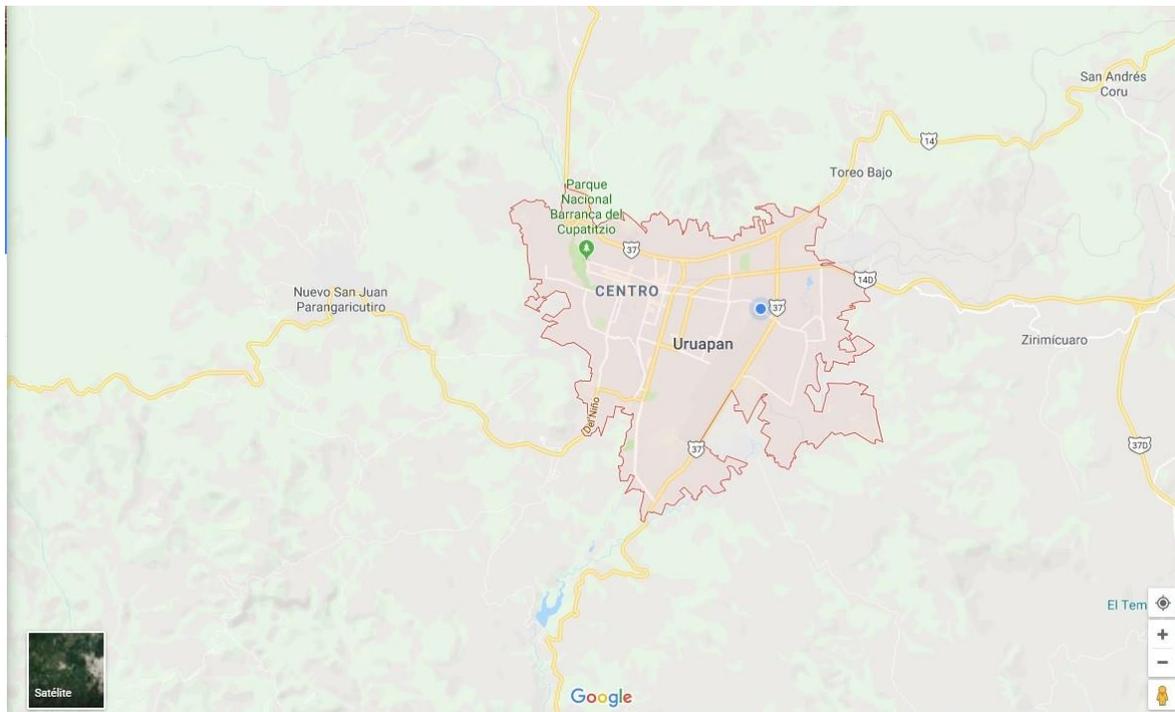


Figura 3.3 Mapa de la región de Uruapan del progreso.

Fuente: Google Maps.

La ubicación específica de la empresa Globos Trucking S. de R.L. de C.V. es: Calzada La Fuente #3000 colonia. Lázaro Cárdenas C.P. 60135 a continuación se muestra imágenes de la ubicación con una geo localización referenciada de google maps.

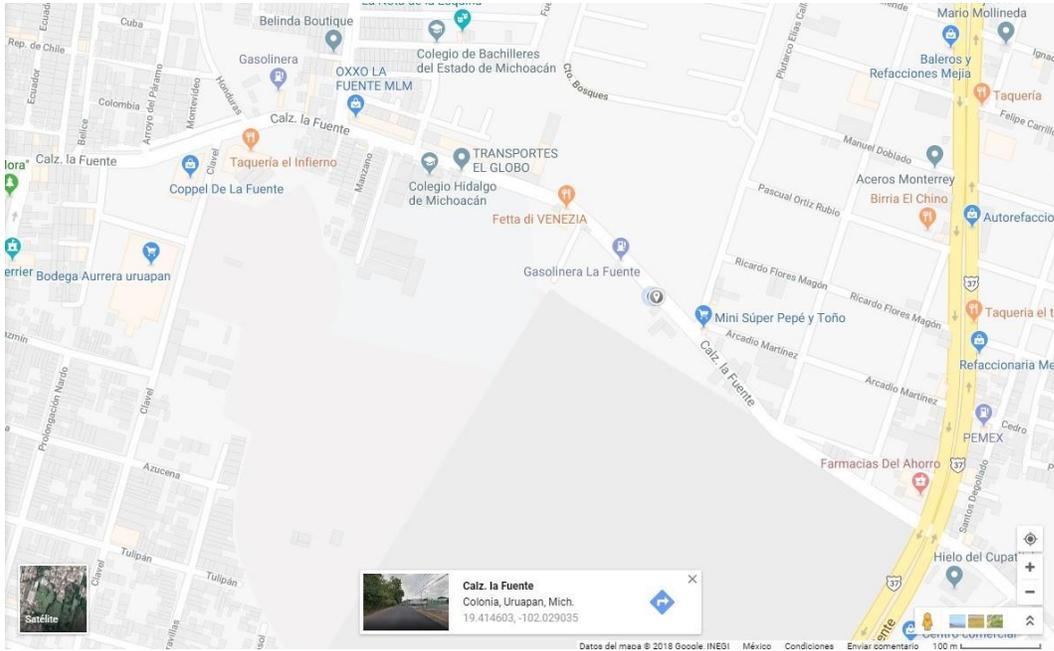


Figura 3.4 Ubicación de la empresa Globos Trucking.

Fuente: Google maps.



Figura 3.5 Fachada frontal de la empresa.

Fuente: Propia



Figura 3.6 Fachada frontal.

Fuente: Propia

3.4 Medio Físico Local.

3.4.1 Orografía.

Su relieve lo conforman el sistema volcánico transversal y los cerros de La Charanda, La Cruz, Jicalán y Magdalena.

3.4.2 Hidrografía.

Su hidrografía se constituye por el río cupatitzio, las presas Caltzonzin, Salto Escondido y Cupatitzio y la cascada conocida como La Tzaráracua.

3.4.3 Ecosistemas.

En el municipio domina el bosque mixto, con pino y encino y el bosque tropical deciduo, con parota, guaje cascalote y cirian. Su fauna se conforma principalmente por coyote, zorrillo, venado, zorra, liebre, conejo.

3.4.4 Uso de suelo.

Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, terciario, cuaternario y eoceno corresponden principalmente a los del tipo podzólico. Su uso es primordialmente forestal, agrícola y en menor proporción ganadero.

3.5 Informe fotográfico.

Se presenta un informe fotográfico donde se observan las instalaciones, y las condiciones generales del piso industrial actual que se tiene para conocer las fallas y las imperfecciones superficiales.



Figura 3.7 Vista general de las condiciones del piso.

Fuente: Propia

3.5.1 Estado físico actual.

A continuación se muestran una serie de imágenes del estado actual del piso industrial de la empresa Globos Trucking S de RL de CV la losa en general muestra similitud en los daños e imperfecciones, los cuales son desde agrietamientos hasta alabeos, lo cual afecta el correcto proceso de las operaciones.



Figura 3.8 Agrietamiento por asentamiento con desportillamiento.

Fuente: Propia



Figura 3.9 Agrietamiento aleatorio, descascarado.

Fuente: Propia

La imagen 3.9 muestra un agrietamiento aleatorio de la losa existente, combinado con un descascarado dando así una imagen de desperfecto e inseguridad a la losa lo que provoca un desagrado por parte de los clientes.



Figura 3.10 Agrietamiento aleatorio.

Fuente: Propia



Figura 3.11 Descascarado, desportillamiento, superficie polvosa, agrietamiento.

Fuente: Propia



Figura 3.12 Agrietamiento aleatorio y por contracción, junta desportillada.

Fuente: Propia



Figura 3.13 Grieta desportillada, agrietamiento aleatorio.

Fuente: Propia



Figura 3.14 Descascarado y junta desportillada.

Fuente: Propia

La presente imagen muestra juntas desportilladas lo que ocasiona hendiduras que pueden ser hogar de plagas y espacios para que la basura y el polvo se acumulen creando problemas en las necesidades de la empresa.



Figura 3.15 Descascarado, desportillamiento, superficie polvosa.

Fuente: Propia

La imagen 3.15 muestra una aleación de descascarado con desportillamiento lo que da como resultado superficies polvosas lo cual genera un ambiente de contaminación que no es recomendable para las operaciones de la empresa ya que necesitan superficies higiénicas.

3.6 Alternativas de solución.

El concreto es un material muy indulgente, no obstante la calidad del concreto puede ser afectada por diversas condiciones sobres las cuales el contratista y el diseñador tienen poco control. El concreto es capaz de proporcionar una superficie altamente durable y atractiva. Es posible reducir las probabilidades de resultados insatisfactorios si se tienen en cuenta las causas que generan las imperfecciones. Y se realiza el debido procedimiento con todos los pasos necesarios para diseñar de manera correcta el piso industrial sin omitir ninguna variable que pueda afectar o modificar la utilidad del piso. Se podrá lograr el diseño específico para lo que el piso se utilizara y esto garantizara la durabilidad y calidad del piso solicitado.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se menciona todo lo referente al método de investigación empleado, alcances, diseños, procedimientos, instrumentos de recopilación, aplicados al estudio de un tema en particular.

4.1. Método empleado.

Para la elaboración de esta tesis se recurrió al método científico. Como dice Tamayo y Tamayo (2005) es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se representan sucesos específicos, con características como, tentativos, verificables, de razonamiento riguroso y observación empírica.

El método científico no es otra cosa que la aplicación de la lógica a lo observado, lo fundamental del método es determinar cuál ha sido el procedimiento para demostrar que una cosa es así, el punto de partida está en la realidad de la interpretación, por lo tanto, el método nos lleva a eliminar la subjetividad.

“Una hipótesis es una proposición que puede ser puesta a prueba para determinar su validez. Siempre lleva una prueba empírica”. (Tamayo y Tamayo;2005;31)

Como expresa Tamayo y Tamayo (2005) las principales características del método son la verificación empírica, la autocorrección, las formulaciones de tipo general y el objetivo. Un hecho es un dato real.

4.1.1 Método Matemático.

Desde la posición de www.investigaciondeoperaciones.com , el método matemático es un producto de una abstracción de un sistema real, eliminando las complejidades y haciendo suposiciones pertinentes, se aplica una técnica matemática y se obtiene una representación simbólica del mismo. Un método matemático tiene tres elementos básicos: variables, parámetros, restricciones y funciones.

“Las variables de decisión son incógnitas que deben ser determinadas a partir de la solución del modelo. Los parámetros representan los valores conocidos del sistema. Las restricciones son relaciones entre la variable de decisión y las magnitudes que dan sentido a la solución del problema. La función es una relación matemática entre las variables de decisión, parámetros, y una magnitud que representa el objetivo”. (www.investigaciondeoperaciones.com)

Es necesario dicho método para realizar la presente investigación ya que de esta manera se podrá comprobar, afirmar, rechazar las hipótesis planteadas y es el método más eficaz.

4.2. Enfoque de la investigación.

Definiendo la investigación como “un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno” (Hernández y Colaboradores;2010;4)

Existen 2 principales enfoques de investigación y un tercero que es la combinación de ambos definiendo los enfoques de la siguiente manera:

El enfoque cuantitativo “Usa la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (Hernández y Colaboradores;2010;4)

Representa un conjunto de procesos de manera secuencial y probatoria, cada etapa precede a la siguiente y no podemos brincar o eludir pasos, el orden es riguroso, parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco teórico. De las preguntas se establecen hipótesis y se determinan variables, se desarrolla un plan para probarlas, se miden las variables, se analizan las mediciones obtenidas y se establecen las conclusiones.

El enfoque cualitativo menciona que “utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación” (Hernández y Colaboradores;2010;7)

Una vez mencionado los dos tipos de enfoques de investigación que existen el presente trabajo estará basado en el enfoque cuantitativo debido a que se analizarán datos numéricos reales, están definidos los planteamientos a investigar, se obtendrán resultados y se analizarán y no serán afectados o modificados por el investigador, siendo así un trabajo objetivo y con resultados medibles, no con resultados inventados o tendenciosos para la interferencia del proyecto.

4.2.1 Alcance de la Investigación.

El alcance de estudio depende de la estrategia de investigación, así el diseño, los procedimientos y otros componentes del proceso serán distintos en los cuatro tipos de alcance de investigación que existen: Exploratorios, Descriptivos, Correlacionales y Explicativos. La presente investigación se enfocará en el alcance descriptivo el cual “Busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (Hernández y Colaboradores;2010;80).

Así los estudios descriptivos serán útiles para mostrar con precisión las dimensiones del fenómeno a investigar. Se busca especificar las propiedades, características, procesos, sometidos a un análisis el cual arrojará un resultado correcto.

4.3. Diseño de la investigación.

Se menciona que existen dos tipos de diseño los cuales son experimentales y no experimentales, para la presente investigación se analizara y se utilizara el método no experimental el cual se define de la siguiente manera: “Es la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no se hace variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Por lo tanto, es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos posteriormente.” (Hernández y Colaboradores;2010;149).

Por consiguiente, no se realizará ningún experimento, solo se estudiarán las variables de manera natural, de igual manera los diseños no experimentales se pueden clasificar en transaccionales y longitudinales, sabiendo esto la investigación se complementará con el diseño transaccional como dice Hernández y Colaboradores (2010), recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y analizar su interrelación en un momento dado.

4.4. Instrumentos de recopilación de datos.

Para poder realizar la presente investigación se recurrió a utilizar distintos software como: Auto Cad 2014 para la elaboración de planos, Excel 2016 para elaborar hojas de cálculo, GPS para el trazo y ubicación del proyecto.

AutoCAD 2014 es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. El nombre AutoCAD surge como creación de la compañía Autodesk, donde Auto hace referencia a la empresa y CAD a diseño asistido por computadora (por sus siglas en inglés Computer Assisted Design), AutoCAD es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de o la recreación de imágenes en 3D; es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros.

Excel 2016 es un programa del tipo Hoja de Cálculo que permite realizar operaciones con números organizados en una cuadrícula. Es útil para realizar desde simples sumas hasta cálculos mucho más complejos.

GPS apoya con precisión la cartografía y la modelización del mundo físico desde montañas y ríos, hasta calles, edificios, cables y tuberías de los servicios públicos y otros recursos. Las superficies medidas con el GPS se pueden visualizar en mapas y en sistemas de información geográfica (SIG) que almacenan, manipulan y visualizan los datos geográficos referenciados.

4.5. Descripción del proceso de investigación.

Para poder comenzar con la elaboración de la investigación fue necesario el surgimiento de un problema real en el que vivía para de ahí tomarlo como hipótesis y convertirlo en el tema, una vez definido se realizaron búsquedas sobre tesis ya existentes para no cometer plagio y al percatarme que no existía ninguna específica al tema elegido, se buscó bibliografía para soportar la teoría mediante citas textuales y paráfrasis.

Una vez teniendo la teoría hay que pasar a los cálculos y a los trazos para esto primero se determinaron los puntos donde se trazaría el piso industrial, que cargas eran las que afectaban, cuáles eran las condiciones de la base y sub-base y cuáles serían las condiciones de acabado solicitadas por la empresa Globos Trucking.

Con todos los datos obtenidos se realizaron los cálculos pertinentes para el dimensionamiento de las diferentes capas de suelo, de concreto, los refuerzos que se utilizarían, así como los acabados en obra que garantizaran el óptimo desempeño del piso industrial para sus necesidades.

Finalmente se agregaron las conclusiones por el cumplimiento del objetivo planteado, así como la bibliografía de todas las fuentes, se anexaron imágenes, planos y tablas para enriquecer la investigación.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se analizarán las constantes para el diseño, todas las variables a considerar, pruebas de laboratorio, cálculos, dimensionamientos de todas las capas necesarias, y las especificaciones del proyecto.

5.1 Análisis de solicitudes en el piso.

Las empresas constructoras y los contratistas de pisos industriales buscan a menudo construir un piso industrial con el mejor nivel de especificaciones y la mejor tecnología disponible. Desgraciadamente rara vez cuentan con información suficiente para realizar adecuadamente esta función y se ven forzados a estimar cargas de diseño o hacer conjeturas sobre la función prevista de la losa. La verdadera tecnología de punta reduce los costos del propietario sin sacrificar el funcionamiento del piso, pero es difícil lograrla sin antes recabar una cantidad substancial de información. La recolección de información comienza con el propietario, y probablemente también se requieran aportaciones del ingeniero.

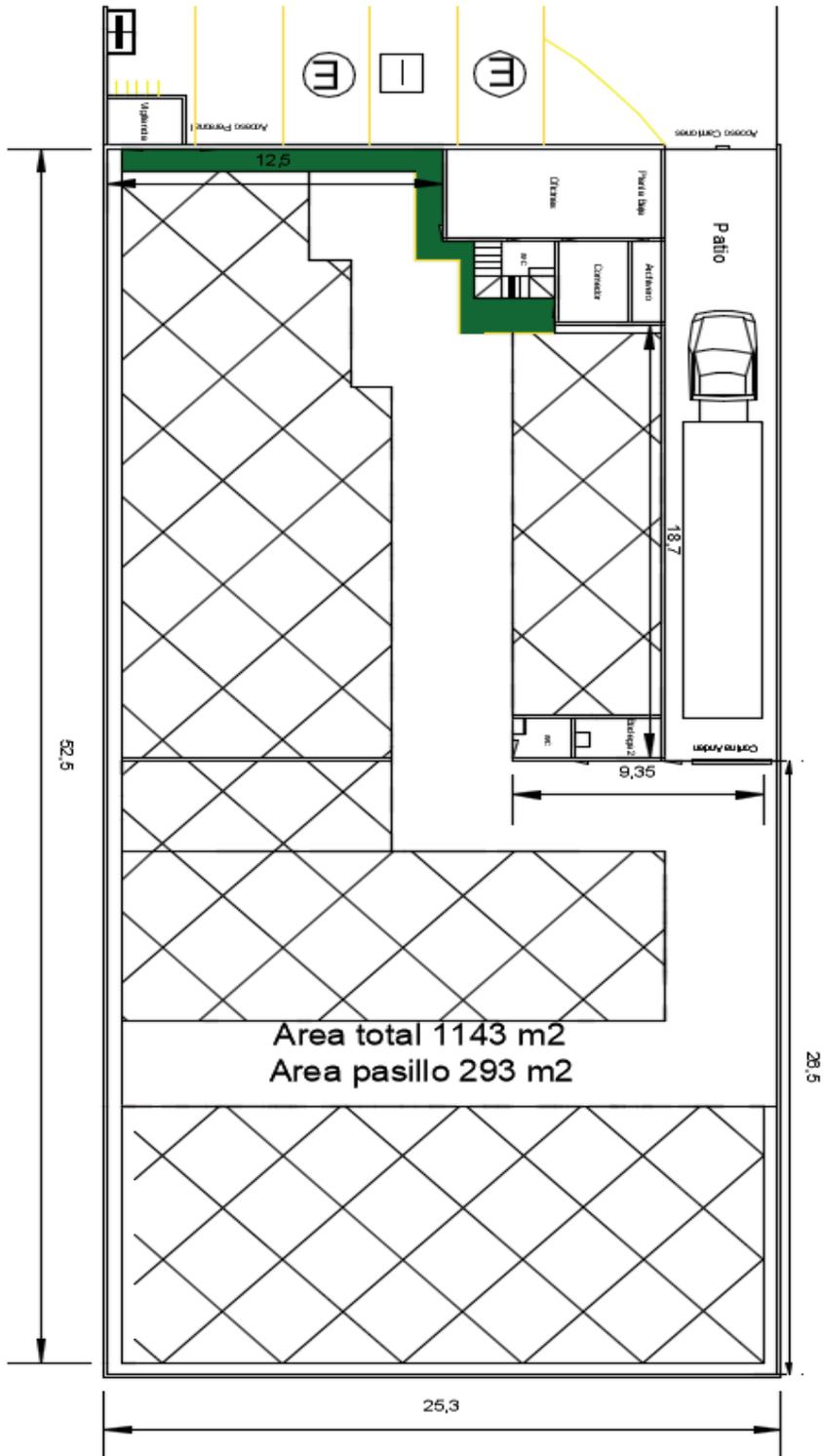
Por supuesto que dependiendo del tamaño del proyecto, estarán disponibles diferentes cantidades de datos numéricos, sin embargo, siempre se recomendará recopilar la mayor cantidad de información, incluyendo la información que puede no ser tan sencilla de cuantificar (ejemplo: las expectativas del

propietario). En las siguientes páginas, se presenta un listado de información necesaria para el diseño y especificación del proyecto. El objetivo de este listado es el de recopilar información tanto cuantitativa como cualitativa, con lo que se busca obtener un mejor entendimiento de las expectativas del propietario, reduciendo el número de conflictos que puedan presentarse después de que un piso industrial ha sido terminado.

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA DISEÑO DE PISOS INDUSTRIALES					
PROYECTO	Piso industrial de alto desempeño				
PROPIETARIO	Globos Trucking S. de R.L. de C.V.				
CIUDAD	Uruapa, Michoacán				
DATOS DE LA CONSTRUCCION					
USO Y FUNCION DEL PISO	Almacenamiento inocuo, de material para fruta, con estibas de 5m				
AREA TOTAL M2	1143m2 / pasillo 293m2				
EXPECTATIVAS DEL PROPIETARIO					
VIDA DE LA LOSA (AÑOS)	20				
MANTENIMIENTO	BAJO	MODERADO		ALTO	
EXPERIENCIAS ANTERIORES CON PISOS MAL DISEÑADOS					AGRIETAMIENTO
RESISTENCIA AL IMPACTO		BAJA	MEDIA	ALTA	
REQUISITOS DEL COMPORTAMIENTO					
PLANICIDAD DEL PISO Ff	25	30	35	40	45
NIVELACION DEL PISO FI	15	20	25	30	35
SUPERFICIE ACABADO CON LLANA			LIGERA	MODERADA	PULIDA
ENDURECEDOR SUPERFICIAL	NO		MINERAL	METALICO	OTRO
RECUBRIMIENTO	SI		NO		
CARGA DISTRIBUIDA					410 Ton
ESTIBA MAXIMA					5m

Imagen 5.1 Lista de verificación

Fuente: Propia



Plano de la Empresa "Globos Trucking S de RL de CV"

Imagen 5.2 Plano de la superficie.

Fuente: Propia

Para el diseño del piso industrial solo se tomarán en cuenta las cargas distribuidas donde el valor más crítico es de 410 toneladas aplicadas en los 1143 m² de superficie de la losa, y suponiendo que descartemos el pasillo serian aplicadas en 850m² de superficie considerando esta dimensión la más crítica lo que nos da como resultado 0.48 ton por metro cuadrado esto determinará las constantes para el diseño de la losa así como los valores del vehículo. Se descartan las consideraciones por cargas concentradas debido a la ausencia de estas.

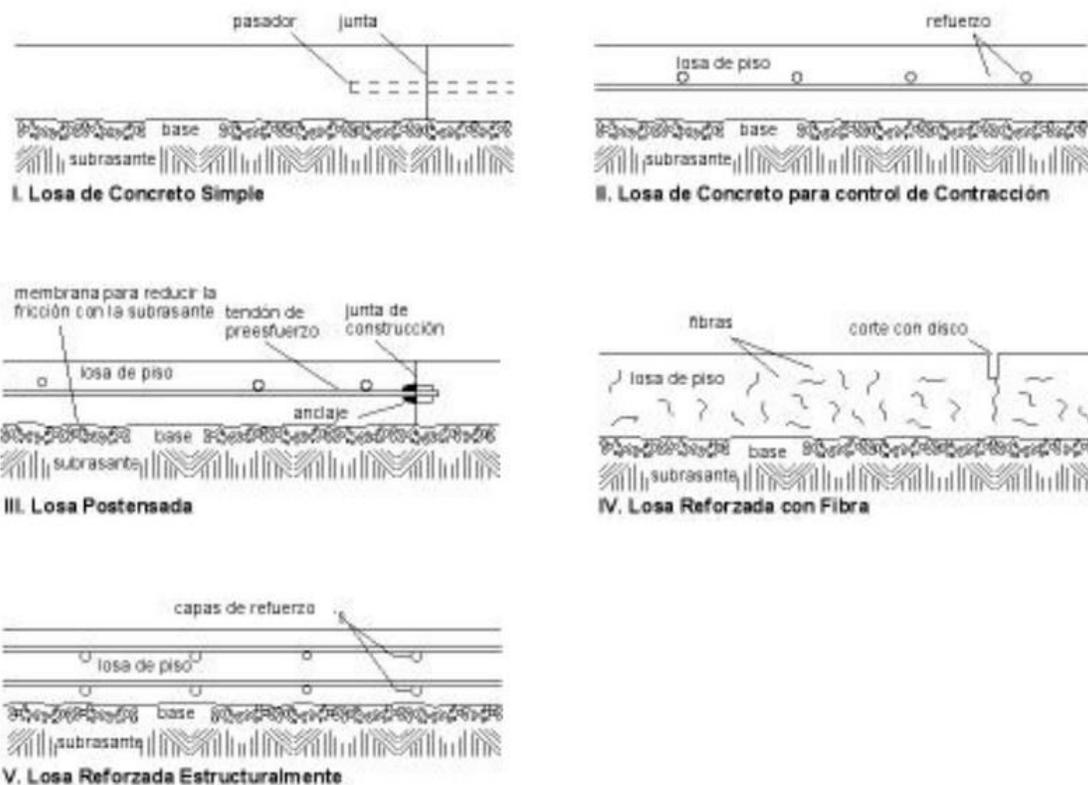


Imagen 5.3 Opciones de diseño de la losa.

Fuente: ICYC

5.2 Valor Relativo de Soporte (VRS)

En el ensaye de Valor Relativo de Soporte o mejor conocido como VRS, fue un ensaye originalmente desarrollado por el departamento de carreteras del estado de California; el VRS de un suelo, se obtiene de una prueba de penetración, en la que un vástago de 19.4cm^2 de área se hace penetrar en un molde con suelo previamente compactado, la penetración de dicho vástago se realiza con una velocidad de 0.127 cm/min , registrando la carga de penetración a cada 0.25cm ; el espécimen de suelo en el cual se realiza el ensaye, está confinado en un molde de acero de 15.2cm de diámetro, y una altura de 20.30cm , el suelo se prepara cribando el material por malla de 2.54cm agregándole el agua necesaria para obtener la humedad optima de compactación, pesando 4kg de material húmedo el cual se colocara en el molde distribuido en tres capas, para posteriormente colocarlo en una prensa que le aplicara una carga de 140kg/cm^2 , carga aplicada uniformemente en la superficie del suelo al interior del molde, este proceso se denomina ensaye porter y posteriormente aplicar la penetración de la prensa VRS que nos determinara el valor del material estudiado.

A continuación se muestra el resultado del ensaye de una muestra de suelo de 4kg extraída del lugar donde se hará el diseño del piso industrial, una vez hecho las pruebas pertinentes en el laboratorio. Los resultados son los siguientes:

VALOR RELATIVO DE SOPORTE

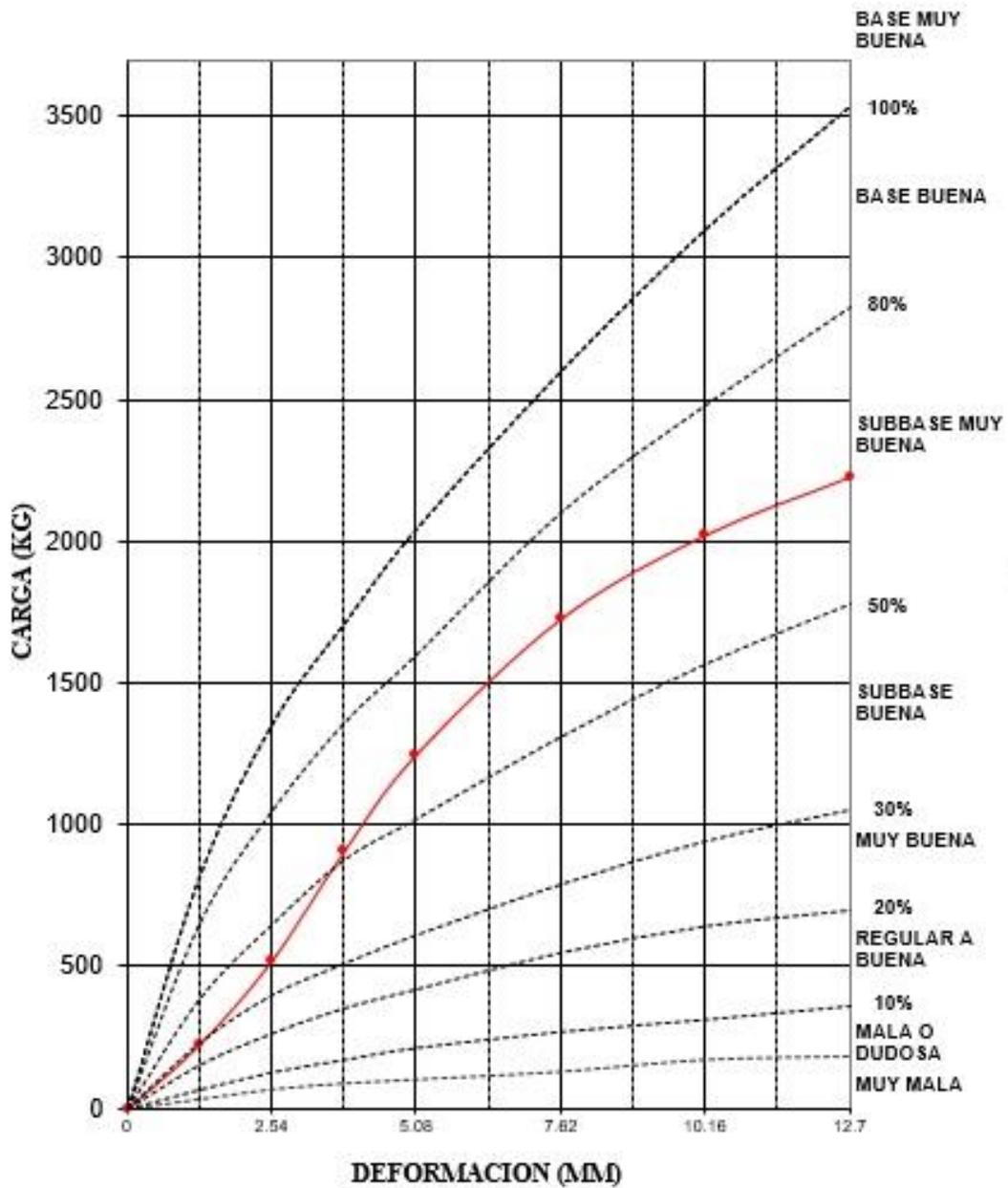


Imagen 5.4 Gráfica de ensaye

Fuente: Propia

LECTURAS DE ENSAYE		
CTE CARGA	3079.11(LECT)-5.96 EN KG	
DEF. (MM)	LEC. (MM)	CARGA (KG)
0	20	
2	25	
4	60	194.82
6	90	
8	110	
10	130	
12	145	
14	157	
VALOR RELATIVO DE SOPORTE		
VRS (%) 2A LECTURA		13.67%
FORMULA DEL VRS		
$VRS = \frac{2A \text{ LECTURA}}{1425} \times 100$		
CALIDAD DE LA MUESTRA		
SUBRASANTE DE CALIDAD REGULAR		

Imagen 5.5 Resultados VRS

Fuente: Propia

Una vez obtenido el valor de porcentaje de VRS se revisa la gráfica VRS- Módulo de reacción para determinar el valor de K el cual da como resultante 6.5kg/cm³ se anexa a continuación la gráfica de donde se obtuvo el valor K.

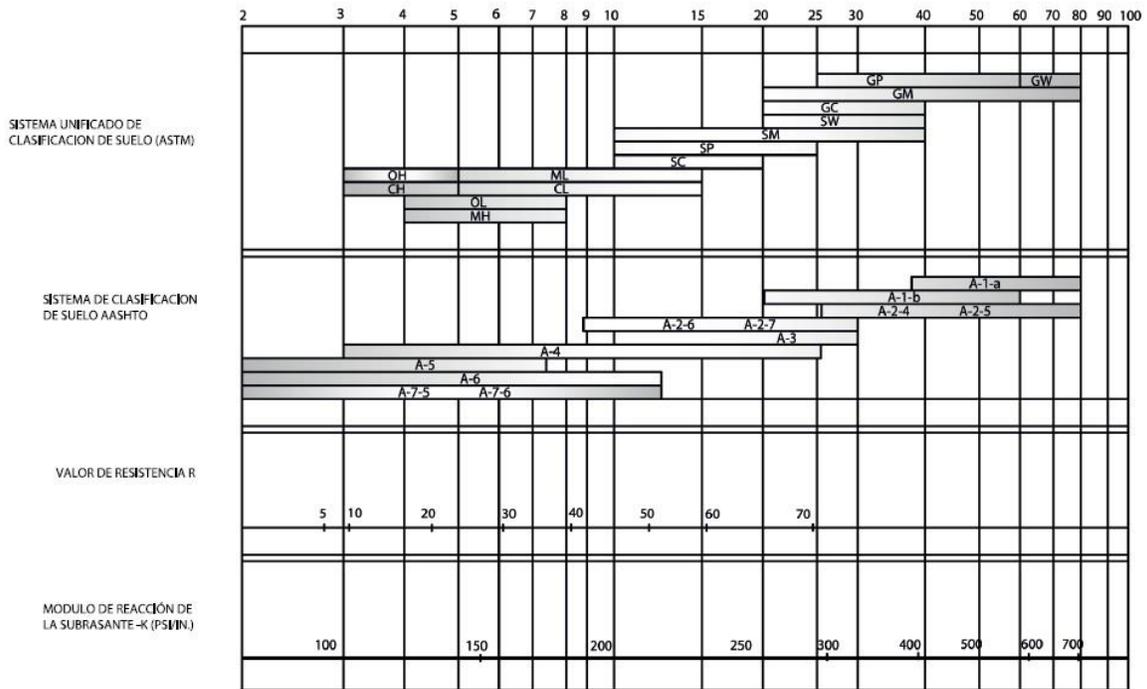


Imagen 5.6 Gráfica VRS-Modulo de reacción.

Fuente: ICHC

MONTACARGAS YALE GLC040AFNUAE082	
CAPACIDAD DE CARGA	1700 KG
PESO DEL VEHICULO	3250KG
PESO TOTAL COMBINADO	4950KG
TIPO DE RUEDA	SOLIDA
EJE DE RUEDA	SENCILLA
ESPACIO DE RUEDAS	65cm
ANCHO DE RUEDA	15cm
PRESION	
AREA DE CONTACTO	

Imagen 5.7 Especificaciones carga del vehículo.

Fuente: Propia

5.3 Diseño de la estructura del piso.

5.3.1 Requerimientos del proyecto.

Construcción de un piso industrial de alto desempeño para uso de bodega de almacenamiento de material de insumos agrícolas, charola y caja para aguacate, por lo cual las condiciones de la bodega, así como del piso deben de ser lo más inocuas posibles y de la mejor calidad. Solo se tendrá la circulación de montacargas de eje sencillo, con una capacidad de carga de 1.70 Ton, cargas distribuidas con arreglo no definido, y se desprecian las cargas concentradas.

5.3.2 Suelo de desplante.

Terreno natural:

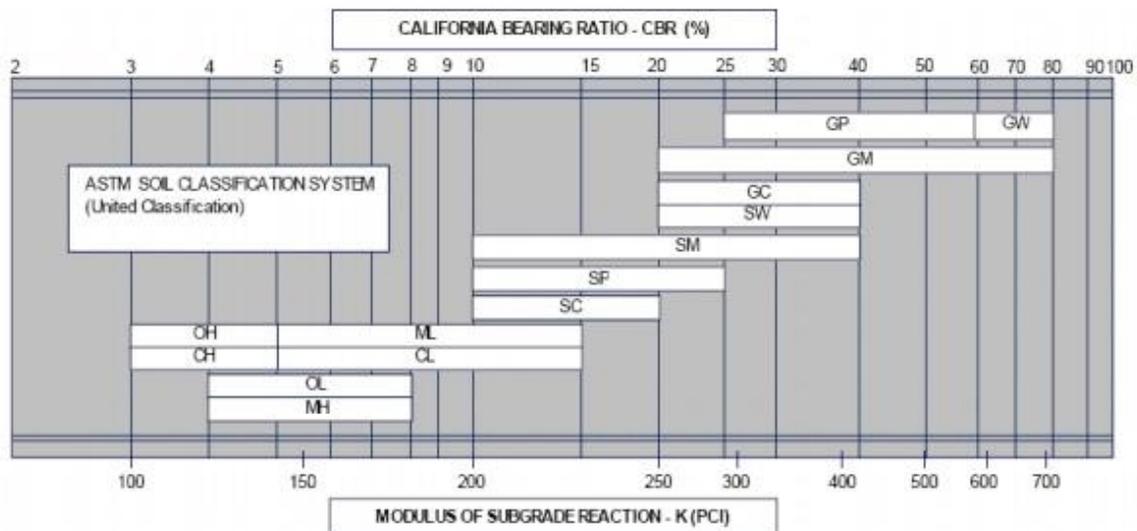
Valor relativo de soporte % VRS: 13

Módulo de reacción del suelo (PSI): 220

1PSI=703.068 kg/m²

Imagen 5.8 Grafica Modulo de reacción.

Fuente: ICHC



5.3.3 Propuesta de estructura de mejoramiento.

	<i>Espesor (cm)</i>	<i>%VRS Min</i>	<i>Mod. Reacción K (PSI)</i>	<i>Descripción de material</i>
<i>Capa de base</i>	<i>20</i>	<i>80</i>	<i>720</i>	<i>Mat. Triturado de banco</i>
<i>Capa de Subbase</i>	<i>20</i>	<i>60</i>	<i>580</i>	<i>Material seleccionado de banco</i>
<i>Capa de Subrasante</i>	<i>30</i>	<i>20</i>	<i>250</i>	<i>Material seleccionado de banco</i>
<i>Capa de filtro</i>	<i>-</i>	<i>10</i>	<i>200</i>	<i>Material seleccionado de banco</i>

Imagen 5.9 Propuesta de estructura

Fuente: Propia

5.3.4 Determinación de módulo de reacción efectivo (conjunto de mejoramiento).

Espesor de base (cm): 20

Espesor de base (plg): 15.75

Módulo de reacción k de la subrasante (PSI): 220

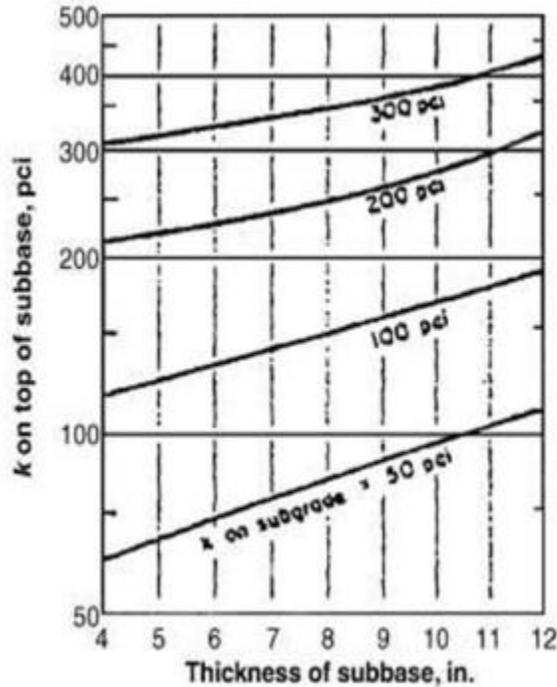


Imagen 5.10 Efecto del espesor de la subbase granular sobre el valor de k
(1pci=0.27Mpa/m)

Fuente: ACI 360

Módulo de reacción efecto de diseño

Kefec: 320 usado para desplantes de losas

Nota: este valor se puede verificar en campo mediante la prueba de placa, ya con el mejoramiento realizado.

5.3.5 Espesor de la losa de concreto hidráulico.

Calidad de concreto propuesto

Nota: 1psi=703.068kg/m²

Módulo de ruptura de concreto simple: 45kg/cm²=640.05psi

*Módulo de ruptura de concreto reforzado con fibra de acero: 54kg/cm²=768.06psi
(20% de aumento de acuerdo a pruebas de laboratorio)*

<i>Propiedad</i>	<i>Ventaja sobre el concreto simple (veces mayor)</i>
Resistencia a la compresión	1.10-1.24
Módulo de elasticidad	2
Módulo de ruptura *	1.08
Módulo de ruptura máxima **	1.88
Tenacidad *** (JSCE SF4)	1.88-2.30

*Cuando la matriz de concreto cede trabajo a las fibras.

** Contenido de fibra del 45 y 60 kg/m³.

*** Capacidad de un material para absorber energía.

Imagen 5.11 Relación concreto simple y con fibra de acero

Fuente: Revista construcción volumen 15 N°1

5.3.6 Diseño por montacargas de eje sencillo.

Datos del montacargas: YALE GLC040AFNUAE082

Capacidad de carga (ton/psi): 1.70 / 3748.50

Peso del vehículo (ton/psi): 3.25 / 7166.25

Eje cargado (ton/psi): 2.48 / 5457.38

Espacio entre llantas (cm/plg): 65 / 25.29

Numero de llantas eje: 2

Presión de inflado de la llanta (MPA/PSI): 1 / 145.04

Nota: se considera uno por ser una llanta solida

Área de contacto= carga en una llanta/presión de inflado

AC=18.814 plg

Factores de Seguridad

Para número indeterminado de repeticiones FS=2.2

Usaremos 2.2

Factores de juntas

Juntas sin transferencia de carga o losas mayores de 4.5m FJ=1.6

Juntas con control de transferencia FJ=1.0

Usaremos 1.6

Esfuerzo de trabajo del concreto

$$WS = (MR/FS * FJ)$$

$$WS = (768.06/2.2 * 1.6)$$

$$WS = 218.20 \text{psi}$$

Esfuerzo de la losa por cada 1000 lb de carga en el eje

$$EFZLOS = (WS/CARGA EN EL EJE)$$

$$EFZLOS = (218.20/5457.38) * 1000$$

$$EFZLOS = 39.98 \text{psi}$$

Entrando con los siguientes valores a la grafica

$$Efzlos = 39.98$$

$$Ac = 18.814$$

$$\text{Esp llantas} = 25.59$$

$$K \text{efectivo (psi)} = 320$$

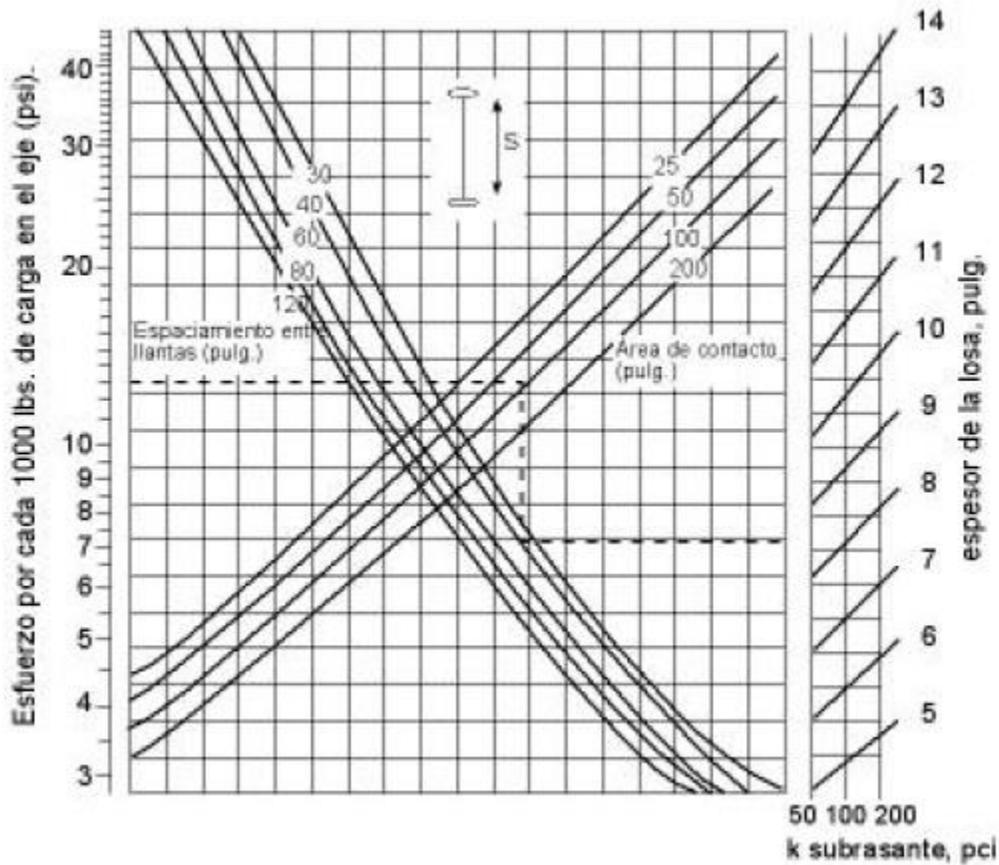


Imagen 5.12 Gráfica de diseño para ejes sencillos.

Fuente: Manual de Cemex

Espesor de la losa: 7pulgadas

17.78cm

Espesor de losa utilizando fibra de acero

5.3.7 Diseño por cargas distribuidas.

Carga distribuida estimada de proyecto: 2 ton/m²

Verificación por cargas distribuidas de arreglos variables (condición crítica)

$$W = (0.123) * (FT) * (H * k) * 1/2$$

Donde:

$$1 \text{ lb/pie}^2 = 4.8824 \text{ kg/m}^2$$

W = carga permisible en libras/pie²

FT = esfuerzo de trabajo permisible en psi (MR/FS)

$$FT = (54/2.2)$$

$$FT = 24.545$$

H = espesor de losa en pulgadas

$$H = 7 \text{ pulgadas}$$

K = módulo de reacción de la subrasante en psi

$$K = 320$$

Por lo tanto:

$$W_{\text{permisible}} = 82.24 \text{ lib/pie}^2$$

$$401.51 \text{ kg/cm}^2$$

$$4015.09 \text{ kg/m}^2$$

CARGA DISTRIBUIDA PERMISIBLE Para cargas sin arreglos definidos			Modulo de Ruptura (MR)								
			550	38.67	600	42.18	650	45.70	700	49.21	
			psi	kg/cm ²	psi	kg/cm ²	psi	kg/cm ²	psi	kg/cm ²	
Espesor		K		CARGA PERMISIBLE							
in	cm	pci	kg/cm ³	psf	kg/m ²	psf	kg/m^{2}	psf	kg/m^{2}	psf	kg/m^{2}
5	12.7	50	1.39	535	2.612	585	2,856	635	3,100	685	3,344
		100	2.77	760	3,711	830	4,052	900	4,394	965	4,712
		200	5.54	1,075	5,249	1,175	5,737	1,270	6,201	1,370	6,689
6	15.24	50	1.39	585	2,856	640	3,125	695	3,393	750	3,662
		100	2.77	830	4,052	905	4,419	980	4,785	1,055	5,151
		200	5.54	1,175	5,737	1,280	6,249	1,390	6,787	1,495	7,299
8	20.3	50	1.39	680	3,320	740	3,613	800	3,906	865	4,223
		100	2.77	960	4,687	1,045	5,102	1,135	5,542	1,220	5,957
		200	5.54	1,355	6,616	1,480	7,226	1,603	7,826	1,725	8,422
10	25.4	50	1.39	760	3,711	830	4,052	895	4,370	965	4,712
		100	2.77	1,070	5,224	1,170	5,712	1,265	6,176	1,335	7,983
		200	5.54	1,515	7,397	1,655	8,080	1,790	8,739	1,930	9,423
12	30.5	50	1.39	830	4,052	905	4,419	980	4,785	1,055	5,151
		100	2.77	1,175	5,737	1,280	6,249	1,390	6,787	1,495	7,299
		200	5.54	1,680	8,105	1,810	8,837	1,965	9,594	2,115	10,326
14	35.6	50	1.39	895	4,370	980	4,785	1,060	5,175	1,140	5,566
		100	2.77	1,270	6,201	1,385	6,762	1,500	7,324	1,615	7,885
		200	5.54	1,795	8,764	1,960	9,570	2,120	10,351	2,285	11,156

Imagen 5.13 Cargas distribuidas permisibles, con carga de arreglo no definido.

Fuente: ICHC

Según tabla

	Espesor plg	K desplante psi	MR kg/cm ²	C Perm kg/m ²	
	6	200	54	7299	
Para	7	200	54	7860.5	7.8605 ton/m²
	8	200	54	8422	

W distribuida de proyecto: 2 ton/m²

Carga permisible mayor a la estimada de proyecto, OK, espesor aceptado.

5.3.8 Estructuración propuesta.

	Espesor en cm
Losa de concreto hidráulico c/fibra de acero	17
Base hidráulica	20
Subbase	20
Subrasante	30
Terreno Natural	

5.4 Especificaciones de proyecto.

Para elaborar el piso industrial de alto desempeño se tendrán que seguir las siguientes especificaciones y recomendaciones para garantizar una estructura duradera y de la mejor calidad posible.

- Asegurarse de que no haya variaciones de soporte dentro del área del piso, evitar los suelos arcillosos y plásticos.
- El material para las bases y subbases deberán ser extraídas de banco, se utilizará grava bien graduada con arena sin presencia de material fino.
- El concreto deberá ser colocado y terminado, por personal con experiencia y habilidad en construcción de pisos de concreto, y se deberá agregar 30kg de fibra de acero por m³ de concreto. El acabado superficial requiere de tres pasos:
 1. Colocación y extendido del concreto, compactación y nivelación de la superficie enrasado o perfilado con el uso de herramienta manual o de regla vibratoria.

2. Consolidación y acabado de la superficie mediante flotado, seguido por el corte de puntos altos y rellenos de puntos bajos (corrección de planicidad).
 3. Compactación final y pulida mediante llanas manuales de acero o allanadoras mecánicas (helicópteros).
- El concreto descargado en obra no deberá presentar segregación.
 - Utilizar vibradores de inmersión para garantizar una correcta consolidación.
 - El enrasado se establecerá con los bordes de la cimbra, el ancho de las franjas será de 5m por 12m de largo.
 - La nivelación deberá realizarse inmediatamente después del enrasado, y terminar antes de que se presente el sangrado superficial.
 - El proceso de allanado o pulido debe hacerse siguiendo cierto patrón sistemático. Normalmente se requieren 2 o más pasadas para incrementar la compactación.
 - Las juntas se realizan entre las 4 y las 12 horas después del acabado, se recomienda realizarlo a las 12 horas. La profundidad del corte será de al menos 1/3 del espesor de la losa o 25mm, cualquiera que sea el mayor.
 - Curado del concreto mediante lona húmeda, incluir los bordes de las juntas.
 - Evitar pisar el piso por al menos un día.

CONCLUSIÓN

Es muy importante el mencionar que, para que un piso industrial trabaje de manera adecuada, se deben tomar en cuenta las solicitudes y condiciones de exposición reales en el diseño y los procedimientos adecuados en la ejecución de los trabajos, esto es, determinar el tipo de suelo, tipos de materiales a utilizar, tipos de cementos, agregados y aditivos para mezclas ideales de concreto, refuerzos, colocación y manejo de los materiales; y todos los factores que participan en la construcción de un piso industrial de concreto hidráulico.

La instalación de la losa de piso se deberá hacer en un ambiente controlado, la protección contra el sol y el viento es fundamental en el proceso de colocación y acabado. El techo de la estructura deberá ser a prueba de agua y las paredes deberán estar completamente terminadas, en el caso de los accesos y andenes deberán de cubrirse para evitar corrientes de aire en la zona de colado. Se ha comprobado que cuando los procedimientos de instalación se llevan a cabo bajo condiciones previstas y controladas los pisos construidos resultan claramente de alto desempeño.

El objetivo general del presente trabajo era diseñar un piso industrial de alto desempeño que cumpliera con las especificaciones solicitadas, por lo cual se puede constatar que al elaborar este trabajo, abarcando la teoría correspondiente así como los debidos cálculos se logró el objetivo propuesto de manera favorable.

En los párrafos siguientes se cumplen todos los objetivos particulares mencionados en la introducción del presente trabajo, los cuales son: elaborar una

investigación de calidad que permita una titulación, conocer las características de los pisos industriales, diseñar pisos de la mejor manera posible, conocer la importancia de las bases y subbases, diseñar con bajos costos de mantenimiento.

Para controlar el daño ocasionado por las cargas, como la que sucede con los vehículos de carga se procura un diseño basado en:

- Naturaleza y frecuencia de las cargas. La naturaleza de las cargas determina las características del vehículo y la frecuencia determina el factor de seguridad a utilizar.
- Esfuerzos en la capa de apoyo. Se valúan a través del módulo de westergaard “k”, donde su valor refleja las condiciones del terreno de apoyo, es decir un “k” con un valor alto representa un terreno en buenas condiciones.
- Esfuerzos en el concreto. Se considera que la capa de apoyo no produce asentamientos, lo cual a su vez conduce a la no aparición de esfuerzos de tensión, haciendo solo necesaria la valuación del módulo de ruptura del concreto.

El diseño de la capa de apoyo debe responder las especificaciones establecidas, el resultado es una capa que provee apoyo y sustento al piso de concreto, que no debe producir asentamientos que ocasionen esfuerzos de tensión en la losa. La forma en la que las cargas se transmiten a la capa de apoyo también estará determinada por el espesor de la losa.

Es conveniente lograr un espesor que proporcione una transmisión homogénea al sustento de la misma, de ahí la ventaja de tener una capa de apoyo adecuada y congruente con las condiciones de diseño.

Para que un piso industrial funcione adecuadamente y no presente problemas a lo largo de su vida útil, debemos poner especial atención en el tratamiento y manejo del terreno de apoyo, porque la mayoría de las veces, el problema se desarrolla antes de colocar la losa de concreto, respondiendo con esto a uno de los objetivos particulares de las bases y subbases.

Dependiendo de las condiciones del terreno se debe de incluir en el presupuesto de un piso industrial los estudios previos y condiciones actualizadas del terreno sobre el cual vamos a colocar el piso y la colocación de una base granular para tener un mejor soporte sobre el que vamos a colocar el piso de concreto.

La mayoría de las veces los contratistas no ponen atención en uno de los aspectos más importantes como la relación agua-cemento, muchas veces agregan agua sin ningún control al concreto ya sea premezclado o hecho en obra para darle una mayor trabajabilidad en las etapas de colocación y acabado; esto perjudica de manera cuantitativa las propiedades de dicho concreto, de manera que, la propiedad que más se ve afectada es el coeficiente de contracción, porque entre más agua contenga un concreto, mas evaporación existirá y por lo tanto dicho concreto se contraerá más y presentara grietas considerables.

Se implementara el uso de fibras de acero para reforzar el concreto, ya que de acuerdo a estudios realizados las ventajas de utilizar estos dos materiales combinados son las siguientes:

- El esfuerzo de compresión para el concreto reforzado con fibras de acero (CRFA) se incrementó hasta un 24%.
- El módulo de elasticidad, para el CRFA, aumento de 2 a 3 veces más que el concreto simple.
- El porcentaje óptimo de fibras de acero para el CRFA, de acuerdo al parámetro de tenacidad, durabilidad y al comportamiento de concreto en estado fresco, es de 30 kilogramos de fibras de acero por metro cubico de concreto (30kg/m³, mezcla C)

De la misma forma, el manejo de las juntas ha de ser el establecido, en función de disminuir la presencia de fracturas o grietas, movimientos diferenciales de los tableros de la losa y de lograr una construcción funcional. El sellado de las juntas es indispensable, su función principal es el de detener el paso de material incompresible y agua al espacio existente entre la losa y la sub-base. Cuando estos materiales logran colarse a través del sellado, la sub-base puede sufrir alteraciones de origen mecánico como puede ser el bombeo y el mal funcionamiento de juntas.

La selección de la protección de un piso industrial es el paso final hacia un funcionamiento seguro y por un periodo de tiempo razonable. La mayoría de los pisos industriales para almacenes necesitan materiales epóxicos o materiales

laminados que se aplicaran sobre la superficie susceptible al daño, dando con esto garantía de pisos seguros y de calidad para las necesidades de los solicitantes.

Se debe tener una supervisión en todo momento que revise los problemas que se presentan con mayor frecuencia en los pisos industriales como: espesores de la losa irregulares y revisar las tolerancias de la superficie especificadas en proyecto. Además se deben de cumplir todas las fases del proyecto satisfactoriamente y darle el tiempo adecuado a cada una de ellas.

El ramo industrial en Uruapan y sus alrededores, es un sector que aporta la mayor parte de los ingresos al estado. Las condiciones en las que debe de trabajar cualquier tipo de industria exigen la mejor infraestructura posible. Sin embargo esto implica una gran inversión inicial que se recupera en el tiempo y con lleva a la minimización de los gastos derivados de un mantenimiento constante.

La garantía en la durabilidad y funcionalidad de un piso industrial de alto desempeño yace en el buen diseño, basado en todas las consideraciones pertinentes que se han venido mencionando a lo largo del presente trabajo y la adecuada ejecución de todos los pasos en el proceso. Con todo lo mencionado anteriormente todos los objetivos particulares se lograron de manera satisfactoria.

BIBLIOGRAFÍA

ACI 302 IR-04. (2012)

Construcción de losas y pisos de concreto

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. México

ACI 325.9R-97 (2009)

Guía para la construcción de pavimentos y bases de concreto

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. México

ACI 360 R. (2010)

Design of slabs on ground

American Concrete Institute.

Farny James A. (2013)

Pisos industriales de concreto

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. México

Frederick S. Merritt, M. Kent Loftin y Jonathan T. Ricketts. (2008)

Manual Del Ingeniero Civil

McGraw Hill. México

Hernández Sampieri, Roberto y Colaboradores. (2010)

Metodología de la investigación

Ed. Mc Graw Hill. México

McCormac Jack. (2006)

Diseño de concreto reforzado

Ed. Alfa Omega Grupo Editor, S.A. de C.V. México

Salsilli Murua Ricardo. (S/F)

Manual de diseño de pisos industriales

Instituto del Cemento de Hormigón de Chile. Chile

Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi.
(2004)

Diseño y control de Mezclas de Concreto

Portland Cement Association. Illinois

Tamayo y Tamayo, Mario. (2005)

El proceso de la investigación científica

Ed. Limusa. México

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

Revista de Construcción Volumen 15 N°1. (2001)

Análisis comparativo entre el concreto hidráulico simple y el reforzado con fibra de
acero.

Monterrey

Tabla del SUCS

Recuperado de:

<https://normas.imt.mx/normativa/M-MMP-1-02-03.pdf>

CEMEX

Manual de diseño y construcción de pisos industriales

México

Método Matemático

Recuperado de:

http://mate.dm.uba.ar/~gduran/docs/charlas/junaeb_willy_8.pdf